خامات البناء

BUILDING MATERIALS

الاستاذ
محمد عبد الله الدرايسة

الاستاذ
عدلي محمد عبد الهادي



مكتبة المجتمع العربي
للنشر والتوزيع



[وَلِسُلَيْمَانَ الرِّيحَ غُدُوُّهَا شَهْرٌ وَرَوَاحُهَا شَهْرٌ وَأَسَلْنَا لَهُ عَيْنَ الْقِطْرِ وَمِنَ الْجِنِّ مَنْ يَعْمَلُ بَيْنَ يَدَيْهِ بِإِذْنِ رَبِّهِ
وَمَنْ يَزِغْ مِنْهُمْ عَنْ أَمْرِنَا نُذِقْهُ مِنْ عَذَابِ السَّعِيرِ (12) يَعْمَلُونَ لَهُ مَا يَشَاءُ مِنْ مَحَارِيبَ وَتَمَاثِيلَ وَجِفَانٍ
كَالْجَوَابِ وَقُدُورٍ رَاسِيَاتٍ اعْمَلُوا آلَ دَاوُودَ شُكْرًا وَقَلِيلٌ مِنْ عِبَادِيَ الشَّكُورُ (13)] .

﴿ سبأ ﴾

صدق الله العظيم

خامات البناء

خامات البناء

تأليف

الأستاذ
محمد عبد الله الدرايسة

الأستاذ
عدلي محمد عبد الهادي

الطبعة الأولى

2012م – 1433هـ

مكتبة المجتمع العربي

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2011/5/1752)

624.18

الدرايسة، محمد عبد الله

خامات البناء / محمد عبد الله الدرايسة، عدلي محمد عبد الهادي.-

عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، 2011

(   ) ص

ر.أ.: 2011/5/1752

الواصفات: /مواد البناء/

- يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية

الطبعة العربية الأولى

2012 م - 1433 هـ



مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

عمان - وسط البلد - ش. السلط - مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان - ش. الملكة رانيا العبد الله - مقابل كلية الزراعة -

مجمع زهدي حصوة التجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-83-059-5 (ردمك)

الإهداء

أنه من السهل أن تنقش الأسماء على أي مكان إلا في القلوب فإنها لا تقبل إلا من تختارها

إلى الذين نقشنا أسماءهم في قلوبنا نقدم هذا الكتاب.

محمد عبد الله الدرايسة

المحتويات

الموضوع	الصفحة

الفصل العاشر

الفصل الحادي عشر

الفصل الثاني عشر

الفصل الثالث عشر

الفصل الرابع عشر

المقدمة

الحمد لله التي بنعمته تتم الصالحات وبمنه تجاب الدعوات، وأشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له يحيي ويميت وهو حي لا يموت وأشهد أن محمدا رسول الله خير نبي اصطفي ولهداية العالمين أرسله صلى الله عليه وعلى آله وصبحه أجمعين.

أما بعد من المعروف أن العمارة هي ترجمة ضرورية للحياة الإنسانية، والعمارة القديمة كانت مستعارة تبعاً للتقاليد الظاهرية وتبعاً للحياة المستعارة التي عاشت في الماضي. وفي العصر الحديث ترفض العمارة الحديثة أن تعترف بوجود فكرة المحاور الرئيسية للمبنى كما كان متبعاً في العمارة الطرازية.

وإذا كان فن العمارة في العصور الماضية، قد اكتفى بما تجود به الطبيعة من حين لآخر، مع وجود بعض الأشخاص الين تمتعوا بدقة الحس والذوق الرفيع، فأفرغوا على العمارة الجمال والبهاء، فالعلم الحديث لا يقف عند أي حدود في وقتنا الحاضر على استخلاص النظريات الثابتة وما يتبعها من نتائج للأبحاث الفنية العديدة، في سبيل الوصول إلى درجة الكمال تبعاً لتطور الحياة وما دخل عليها من تطور في النظم والتقاليد، وبذلك مهرت العمارة بطابع العصر الحديث، طابع التجديد والسرعة، وظهرت في الأسواق العالمية مواد بناء جديدة وطرق مستحدثة للإنشاء وبالتالي تطورت أشكال المباني وطبعت بعصر الإنتاج الصناعي.

ونتيجة للتطور الصناعي والمعماري الكبيرين ازدادت أهمية مواد البناء وأضحى من الحتمية تفهم المهندسين والفنيين والعاملين في قطاع الإنشاءات لخواص المواد المستخدمة ومتطلبات مواصفاتها وطرق فحصها وضبط جودتها.

ولأن للمواد دور مهم وأساسي في جودة أعمال المشاريع الإنشائية بشكل عام والأبنية بشكل خاص فأصبح من المهم معرفة هذه المواد وخصائصها حسب متطلبات العمل. مادة البناء هي أي مادة تستخدم في البناء. استخدم البشر مختلف أنواع المواد خلال العصور المختلفة لبناء الأبنية والشوارع والمنشئات المختلفة. في العصر

الحالي يعتبر البناء صناعة ويعتبر تصنيع وتجارة مواد البناء أحد أكثر الصناعات ربحا.

- مواد البناء الطبيعية: التي تستخدم كما هي دون معالجة كالحجر والطين والقصب وأنواع النباتات، تجمع ويبنى بها مباشرة وهي أقدم الأنواع.
- مواد البناء الطبيعية المعالجة: كالطوب والخشب، قبل البدء بالبناء يجب معالجتها قليلا كصنع القوالب وقطع الأشجار.
- الثلج: يستخدم في مناطق محدودة كالقطب الشمالي.
- مواد البناء المصنعة: كالطابوق والخرسانة والصلب، تمر المواد الطبيعية بمرحلة تصنيع قبل استخدامها للبناء.
- مواد البناء الصناعية: كالزجاج واللدائن.

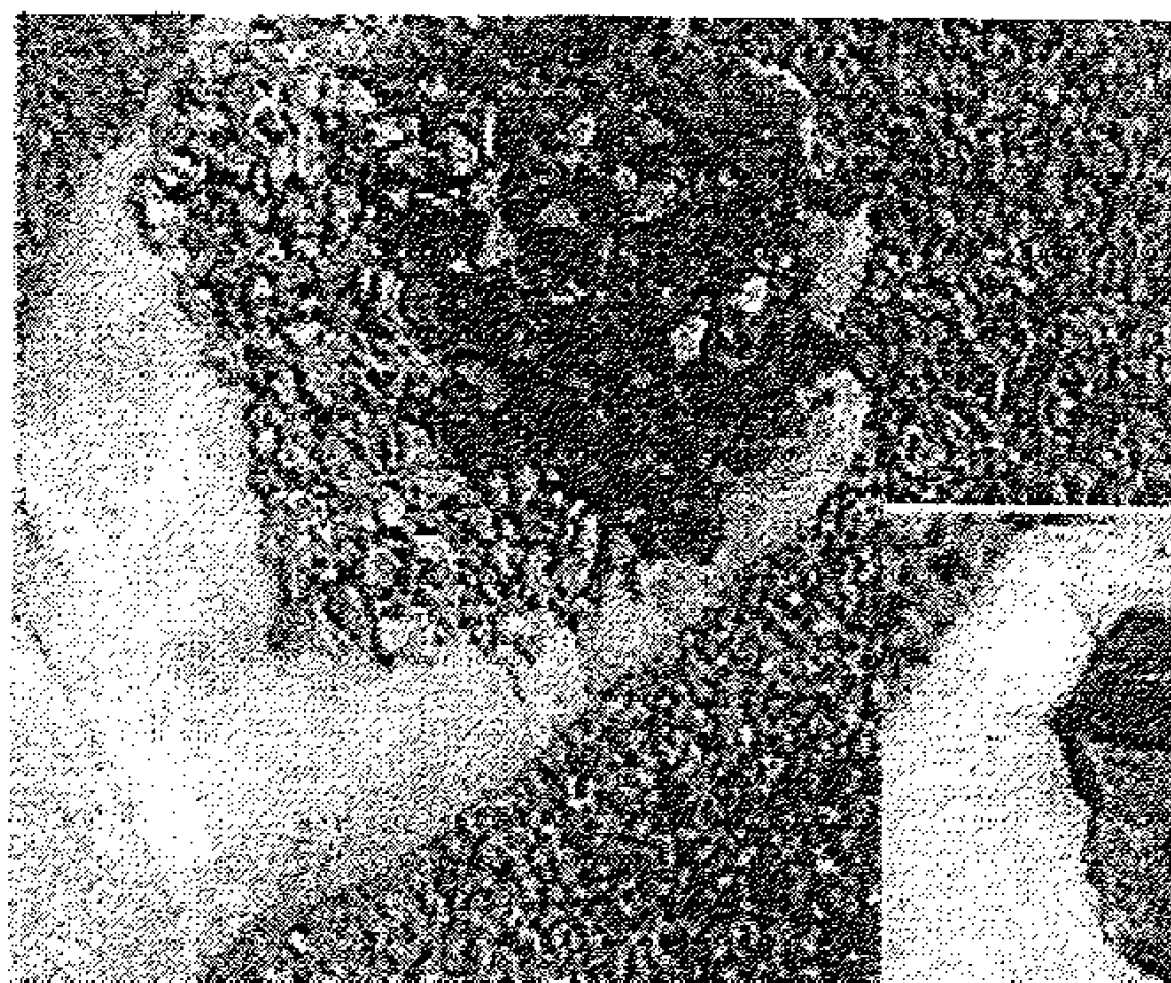
في هذا الكتاب سوف نتناول عزيزي القارئ مواد البناء الأكثر شهرة واستخداماً وهي المواد الطبيعية التي تمر بمراحل التصنيع قبل استخدامها للبناء.

1

الفصل الأول

الركام (الحصمة)

Aggregate





الركام [الحصمة]
Aggregate

تعتبر الحصمة (الركام) من مواد البناء الهامة التي تنتجها الدول بكميات هائلة تزيد عن مليارات الأطنان نظراً لاستخدامها في العمليات الإنشائية المختلفة والبنى التحتية من طرق وجسور وعمران وغيرها.

تعريف الحصمة: هي مواد حصوية يتم الحصول عليها جراء عمليات تكسير الصخور وتتمثل بالحجوم من 5– 70 ملم. وبتعبير آخر فإن الركام هو مادة حبيبية خامدة مثل الرمل والحصى والصخور المسحوقة وهي تشكل مع الماء والاسمنت المكونات الأساسية للخرسانة. الركام عبارة عن حبيبات صخرية طبيعية أو صناعية ويمثل الركام في الخرسانة الجزء المالئ ويشغل حوالي 75٪ من حجم الكتلة الخراسانية وهو خامل نسبيا ويفضل أن يكون الركام المستعمل في الخرسانة بصفة عامة متدرج في الحجم. ومن اجل خلطة خرسانة ذات جودة عالية يجب أن يكون الركام نظيف وصلب وقوي وان تكون جزئيات الركام خالية من أي كيماويات ممتصة أو مغطى بأي نوع من أنواع الطين (clay) أو أي نوع من أنواع المواد الدقيقة التي من الممكن أن تساهم في تدهور حالة وجودة الخرسانة.

أصناف الركام:

الركام التي يشكل (60- 70) ٪ من حجم الخرسانة الكلي يمكن إن يتم تقسيمه إلى صنفين: الركام الناعم والركام الخشن.

الركام الناعم بشكل عام يتكون من الرمل الطبيعي أو الصخور المسحوقة بحيث أن حبيبات ذلك الركام يمكن أن تمر من خلال غربال بفتحات ذات أقطار (9.5 مم) أو (8/3) أنش، أما الركام الخشن فتكون حبيباته اكبر من (0.19 أنش) أو (4.75 مم) لكنها بشكل عام تتدرج من (8/3) إلى (1.5) أنش أو (9.5 - 37.5) مم قطراً. يشكل الحصى أغلبية حجم الركام الخشن بينما يشكل الصخر المسحوق باقي الكمية المستخدمة في الخلطة. كما يطلق مصطلح الركام على المواد الحبيبية الصلبة التي تستخدم في الرصف والتي تشمل كسر الحجارة والحصى

والرمل، كما يدخل ضمنها الركام الصناعي الناتج من المخلفات الصناعية مثل خبث الحديد واللدائن وغيرها. ويعتبر الركام المادة الرئيسة في أعمال الرصف حيث يشكل نسبة 70 إلى 75 ٪ من الحجم الكلى لمكونات قطاع الرصف أي ما يعادل 90 إلى 95٪ بالوزن.

الوظيفة الأساسية للركام هي تحمل الإجهادات المختلفة التي يتعرض لها منشأ الرصف من خلال وجوده في طبقات الرصف المختلفة، إذ يستخدم الركام بتدرجات معينة لتكوين طبقات الأساس أو الأساس المساعد الحبيبية والتي قد تكون معالجة ببعض المواد الرابطة مثل الجير والأسمنت أو الإسفلت. الطرق والمطارات ومسارات السكك الحديدية وأحواض ترشيح المياه والتمديدات الطويلة مثل المجاري وخطوط المياه والكهرباء والهاتف وغيرها، كما يستخدم في الخلطات الإسفلتية المكونة للطبقات السطحية وكذلك في الخلطات الخراسانية في حالة الرصف الصلب. ويستخدم في عمل المونة الإسمنتية (الملاط). ويكون الركام جسم الخرسانة التي يستطيع أن يقاوم الأحمال وعوامل البري وفعل العوامل الجوية المختلفة. ويعتبر الركام مادة مالئة رخيصة نسبيا. ويساعد الركام على تقليل التغيرات الحجمية الناتجة من شك وتصلد عجينة الأسمنت.

وهناك أنواع مختلفة من الحصمة سوف نتناولها بالتفصيل لكن أكثر أنواعها شيوعاً الحصمة المستخرجة من الصخور الجيرية والجرانيت والبازلت وكذلك حصمة الوديان الناجمة عن انجرافات السيول والمتأثرة بالعوامل المختلفة.

مصادر الركام:

يتم الحصول على الركام المستخدم في أعمال الرصف من مصادر طبيعية وأخرى صناعية، فالركام الطبيعي منه ما يوجد في ترسبات طبيعية على سطح الأرض مثل الحصى والرمل الموجود في مجارى الوديان وشواطئ البحار والأنهار، ومنها ما يتم الحصول عليه عن طريق تكسير الصخور. أما الركام الصناعي فيتم الحصول عليه من النواتج الثانوية لمصانع الحديد والصلب في حالة خبث الحديد ومن إعادة تدوير منتجات اللدائن وغيرها.

الجزء الأكبر من الركام المستخدم في صناعة الرصف هو الناتج من كسر الصخور والتي تعتمد جودته على خواص الصخر الأم التي قد يكون صخراً نارياً أو رسوبياً أو متحولاً .

الصخور النارية هي التي تكونت نتيجة لاندفاع الحمم البركانية من باطن الأرض إلى السطح حيث بردت مكونة الكتل الصخرية. وتتميز هذه الصخور بعدم احتوائها على أية حفريات أو ترسبات عضوية ومن أمثلتها صخور الجرانيت والبازلت.

الصخور الرسوبية وتكونت بفعل عوامل التعرية المختلفة حيث تقوم الرياح والمياه بنقل وترسيب المواد المعدنية والعضوية على مر العصور وذلك على هيئة طبقات متتالية، وتتميز هذه الصخور باحتوائها على حفريات ورسوبيات عضوية. ومن أمثلتها صخور الحجر الجيري والرملي.

الصخور المتحولة وهي في الأساس صخور بركانية أو رسوبية تحولت بفعل عوامل الضغط والحرارة إلى صخور متحولة ومن أمثلتها الرخام.

الصخور البركانية والمتحولة صلبة جداً وبالتالي فان الركام المنتج منها يعتبر من النوع الممتاز ويمكن استخدامه لمختلف الأغراض والركام الناتج من صخور الحجر الجيري والدولوميت الرسوبية يكون اقل صلابة من الصخور النارية ومع ذلك فهو مناسب لمعظم الاستخدامات. أما الطفل Shale فيتكون من حبيبات من الطين وهو ضعيف جداً ويتفتت بسهولة عند تعريضه للعوامل الجوية وبذلك فان الركام المصنع منه يعتبر رديء. وينطبق ذلك أيضا على الركام الناتج من الصوان Chert.

يتم إنتاج الركام الصخري في المحاجر في عدة مراحل يمكن تلخيصها في الآتي:

1. فصل الكتل الصخرية عن مصادرها الأصلية بواسطة عمليات التفجير أو القطع ونقلها إلى الكسارات.
2. تفتيت الكتل الصخرية إلى أحجام اصغر نسبياً بواسطة الكسارات على مراحل متعددة للحصول على ركام بأحجام مختلفة.

3. فصل الركام إلى أحجام وتدرجات تتناسب وأعمال الرصف بواسطة مناخل قياسية وتعرف هذه المرحلة بالغربلة Screening.

إلا إن ما سبق لا يوضح تلك العمليات فإنتاج الركام تمر بعدة مراحل خاصة الرخام الحجري المكسر وهي الثقيب، والتفجير، التحميل، النقل، التكسير، الغربلة، والتخزين.

التقسيم العام للركام:

من حيث المصدر:

أ. ركام المصادر الطبيعية:

هو الركام المستخرج من المحاجر الطبيعية بدون أي تغير لحالته الطبيعية ما عدا في بعض الحالات التي تتعلق بالمقاس والتدرج والغسيل أو التكسير.

ب. ركام صناعي:

هو الركام الناتج من مخلفات الصناعة ويتضمن ما يلي:

- ركام ناتج بجانب الإنتاج مثل ركام خبث الأفران وركام مخلفات الفحم المحترق.
- ركام مصنع وفقا لعمليات معينة لإنتاج مواد تتميز بخفة الوزن مثل الطين الممدد والفرموكليت.
- ركام ملون للخرسانة المعمارية مثل حبيبات الزجاج والسيراميك.

من حيث الحجم (المقاس):

أ. ركام صغير (الرمل):

وهو الركام التي تقل مقاس حبيباته عن (5 مم) أو التي يمر معظمة (95- 100٪) من المنخل مقاس(4.76 مم).

ب. ركام كبير (الزلط):

وهو الركام التي يزيد مقاس حبيباته عن (5 مم) أو هو التي يحجز معظمة (95- 100٪) على المنخل مقاس(4.76مم)

ج. ركام شامل:

وهو ركام خليط من الركام الكبير والركام الصغير بنسب معينة تحددها متطلبات التدرج الحبيبي للركام.

من حيث الشكل:

شكل الحبيبات الوصف الأمثلة:

مستديرة: حبيبات مدورة نتيجة لتآكلها بفعل المياه أو بعوامل التعرية الأخرى زلط الأنهار – رمل الصحراء أو شواطئ البحار أو رمال منقولة بالرياح غير منتظمة: غير منتظم ومشكلا تشكيلا جزئيا بعوامل التعرية وله حواف مستديرة زلط الحفر – حجر الصوان.

زاوي ذو حواف حادة واضحة عند تقاطع أسطحه الخشنة جميع أنواع الأحجار المكسرة والخبث.

مفلطح: حبيبات معظمها زاوي ذات سمك صغير بالنسبة لطولها وعرضها الصخور الطبيعية.

عصوي: حبيبات معظمها ذات بعدين صغيرين بالنسبة للبعد الثالث صخور طبقية أو صخور تعرضت لعوامل تعرية بفعل الكسارة.

من حيث حالة السطح:

وصف حالة السطح الصفة المميزة الأمثلة:

1. زجاجي Glassy ركام صدفي مكسر الصوان الأسود.
2. ناعم Smooth ركام مصقول بفعل المياه زلط – رخام – بعض الصخور النارية.

3. حبيبي Granular ركام يظهر في مقطعه حبيبات مستديرة منتظمة تقريبا الحجر الرملي.
4. خشن Rough ركام سطح مقطعه خشن ذو حبيبات رفيعة أو متوسطة ويحتوى على بللورات واضحة بازلت – حجر جيري.
5. بللورى Crystalline ركام يحتوى على بللورات واضحة جرانيت.
6. معشش ومسامي Honeycombed ركام به مسام وتجاويف واضحة الحجر الخفاف والطين الممدد.

من حيث الوزن:

أ. ركام عادي:

مثل الرمل والزلط وكسر الحجارة: وهو الركام المستخدم في الخرسانة المعتادة للمباني والمنشآت والوزن الحجمي للركام العادي يتراوح بين (1500: 1750) كغمم/م^3 والوزن النوعي لهذا الركام في حدود (2.5: 2.75).

ب. الركام الثقيل:

مثل خام الحديد وقطع الصلب المصنعة ويستخدم هذا النوع في الخرسانة للحماية من الإشعاعات الذرية والإشعاعات الخطيرة.

ج. الركام الخفيف:

يستخدم لصناعة الخرسانة الإنشائية خفيفة الوزن بغرض تقليل وزن المنشأ ومن أمثلة الركام الخفيف الطين الممدد (الليكا) أو الحجر الخفاف والفوم وينتج من استخدام الركام الخفيف خرسانة خفيفة وزنها يتراوح من 300-1850كغمم/م^3.

من حيث المسامية:

- ركام كثيف التركيب: مثل الركام العادي والركام الثقيل.
- ركام مسامي التركيب: مثل الركام الخفيف والطوب المكسر.

من حيث طريقة التجهيز:

- ركام طبيعي: ركام بمقاساته الطبيعية.
- ركام كسارة: ركام تم تكسيره ميكانيكيا.

المقاس الاعتباري الأكبر للركام الكبير:

هو مقاس المنخل التي يمر منه (95٪)على الأقل من الركام الكبير وكلما كبر المقاس الاعتباري الأكبر للركام كلما زاد الوزن الحجمي وتحسنت نسبيا مقاومة الخرسانة للأحمال مع وفر في كمية الاسمنت المستخدمة نظرا لقلة المساحة السطحية.

ويتراوح المقاس الإعتبارى الأكبر ما بين (19– 37.5)مم وذلك لأعمال الخرسانة العادية أما في أعمال الخرسانة الكتلية فيستخدم ركام مقاسه الإعتبارى الأكبر حوالي(150مم) ولا يفضل استخدام ركام بحجم اكبر من(150مم) لصعوبة مناولته وتشغيله.

ملحوظة: يجب أن يكون المقاس الإعتبارى الأكبر اقل من سمك الغطاء الخرسانى حتى تحيط الخرسانة بجميع الأسياخ.

التدرج الحبيبي:

هو فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض أي تعيين التوزيع الحجمى لحبيبات الركام ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحاتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من أعلى.

وتهدف معرفة التدرج الحبيبي للركام إلى التأكد من مدى مطابقة الركام لحدود المواصفات كما تستخدم نتائج التدرج الحبيبي في تحديد أفضل نسب لخلط الركام الصغير والكبير للحصول على تدرج مناسب للركام بحيث يعطى خرسانة سهلة التشغيل وذات مقاومة عالية للأحمال والعوامل الجوية.

الركام ناقص التدرج:

هو الركام التي لا يوجد فيه مقاس أو أكثر من مقاسات الركام المختلفة ويظهر ذلك بوضوح في منحنى التدرج الحبيبي إذ يمثل الفجوة في مقاسات الركام بخط أفقي.

وقد بينت الأبحاث أن استخدام الركام جيد التدرج يعطى نتائج جيدة للخلطات الخراسانية ذات القابلية للتشغيل المنخفضة بينما استخدام الركام ناقص التدرج للخلطات الخراسانية عالية القابلية للتشغيل قد يؤدى إلى حدوث انفصال حبيبي كما أن مقاومة العوامل الجوية للخرسانة ذات الركام الناقص التدرج تكون أقل منها للخرسانة بالركام المتدرج. وهناك ملاحظة تدعي أن الركام ناقص التدرج:

1. يستخدم الركام ناقص التدرج في الخرسانة لأسباب اقتصادية ويجب في هذه الحالة إجراء تجارب على الخرسانة من هذا الركام للتأكد من صلاحيته لإعطاء المقاومة المطلوبة.
2. يستخدم ركام ناقص التدرج في مناطق معينة أو في خرسانة الركام الظاهر.

من حيث كمية الرطوبة الممتصة:

ويقسم الركام بالنسبة لكمية الرطوبة الممتصة إلى عدة أقسام هي:

1. الركام الرطب المبلل: حيث تتواجد قطرات الماء فقط على السطح الخارجي لحبيبات الركام.
2. الركام المشبع بالماء: حيث تحتوي الفراغات الموجودة في الحبيبات على كمية كبيرة من الماء تصل حد الإشباع ولا يوجد رطوبة على سطح الحبيبات.
3. الركام الجاف في الهواء: حيث أن الفراغات غير مشبعة بالماء ويوجد القليل من قطرات الماء على السطح الخارجي لحبيبات الركام والتي تجف تماماً.
4. الركام المجفف في الأفران: حيث يسخن الركام إلى درجات حرارة عالية تصل إلى 110 – 120 مْ بحيث تجفف جميع المياه الموجودة داخل الفراغات أو أسطح حبيبات الركام.

تأثير الخواص المميزة لحبيبات الركام على خواص الخرسانة:

أ. تأثير شكل الحبيبات:

1. الحبيبات المستديرة أفضل أشكال الركام للاستخدام في الخرسانة لأنها أكثر قابلية للانضغاط والكبس عن الركام الزاوي وبالتالي مقاومة أكبر للخرسانة ودرجة تشغيل عالية.
2. الركام الزاوي والغير منتظم الشكل يعطى خرسانة صعبة التشغيل وبالتالي يلزم زيادة كمية الركام الصغير والأسمنت والماء.
3. الركام المفلطح والعصوي: يعطى نتائج غير مرضية في أعمال الخرسانة حيث يؤدى إلى ضعف قابلية التشغيل نظر لزيادة مساحته السطحية كما أنها تضعف مقاومه الخرسانة.

ب. تأثير حالة السطح:

تؤثر حالة السطح على مقاومة الخرسانة فالحبيبات ذات السطوح الخشنة تتميز بأنها تحسن تماسك حبيبات الركام مع عجينة الأسمنت بينما الحبيبات ذات السطوح الناعمة تحسن قابلية الخرسانة للتشغيل أما الركام المسامي ينتج خرسانة ضعيفة نتيجة ضعف تحمله عن الركام المصمت

ج. تأثير المقـــاس:

يجب أن يكون الركام المستعمل في الخرسانة ذو تدرج جيد حتى نضمن مساحة سطحية مناسبة لا تحتاج إلى كمية كبيرة من الأسمنت.

- استخدام ركام صغير فقط مع عجينة الأسمنت يعطى خرسانة ضعيفة لأن المساحة السطحية للركام الصغير كبيرة (60: 100) سم^2/جم فلا تكفي عجينة الأسمنت لإحداث التماسك المطلوب.
- استخدام ركام كبير مع العجينة الأسمنتية يعطى خرسانة ضعيفة أيضا لان المساحة السطحية للركام الكبير صغيرة (2: 5) سم^2/جم ويكون تماسك الحبيبات على مساحة صغيرة فلا تستطيع مقاومة الأحمال

ثبات حجم الركام:

يقصد بثبات حجم الركام قدرته على مقاومة التغيرات الحجمية نتيجة التغير في حالته الفيزيائية بسبب درجات الحرارة وتكرار البلل والجفاف.

مقاومة الركام للحريق:

يختلف الركام في مقاومته للحريق حسب نوع الركام فأفضلها مقاومة للحريق هو خبث الأفران العالية والحجر الخفاف والطوب المكسر والحجر الجيري ومن الركام قليل المقاومة للحريق كسر الجرانيت والبازلت والزلط السيلسي.

المواد الضارة في الركام:

توجد ثلاث مجموعات تمثل المواد الضارة في الركام وهي:

1. الشوائب العضوية:

توجد بكميات متفاوتة في الركام الطبيعي سواء من المحجر أو من عمليات النقل ويفيد غسل الركام في زيادة المواد الذائبة منها.

ووجودها بكميات كبيرة بالركام يضر بالخرسانة حيث أنها تمنع التماسك وتؤخر زمن الشك وبالتالي تضعف الخرسانة.

2. الطين والمواد الناعمة الأخرى بالركام:

وجود هذه المواد بكميات كبيرة تكون ضارة بالخرسانة لأنها تتطلب كمية أكبر من الماء نظرا لمساحتها السطحية الكبيرة وتغلف الحبيبات فتضعف من تماسكها مع عجينة الأسمنت مما يعمل على خفض مقاومة الخرسانة نتيجة تأخير زمن تفاعل الأسمنت مع الماء بالخرسانة كما تسبب زيادة الانكماش بالجفاف في الخرسانة

وتنص المواصفات القياسية البريطانية (BS882-92) على ألا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة في الركام عن المقادير الآتية:

4 ٪ بالوزن من الرمل أو رمل الزلط المكسر.

16٪ بالوزن من رمل الحجارة المكسرة للخرسانة ذات الاستخدام العادي.

9 ٪ بالوزن من رمل الحجارة المكسرة للخرسانة في أرضيات الخدمة الشاقة.

11٪ بالوزن من الركام الشامل من كسر الحجارة.

2 ٪ بالوزن من الركام الكبير أو الزلط المكسر.

وفي حالة زيادة كمية الطين والمواد الناعمة عن النسب المذكورة يمكن استعمال الركام إذا دلت الاختبارات على عدم أضرارها للخرسانة وطبقا للموصفات القياسية يجب ألا تتعدى كمية الطين والمواد الناعمة بالركام عن المقادير الآتية:

1٪ بالوزن للركام الكبير.

3٪ بالوزن للرمل أو رمل الزلط المكسر.

8٪ بالوزن للركام الصغير من كسر الحجارة.

3. التلوث بالأملاح:

قد يحتوى الرمل من البحار والأنهار على بعض الأملاح ولذلك يجب غسله بالماء العذب لإزالة هذه الأملاح وإذا لم يزال فانه سوف يمتص الرطوبة من الهواء ويسبب ظاهرة التزهير وهي عبارة عن تكون بقع وترسيبات بيضاء على سطح خرسانة.

الأنواع المحلية لركام الخرسانة:

1. الرمل والزلط:-

يعتبر الرمل والزلط الطبيعي أرخص مصدر للركام ويستخرج عادة من مترسبات الأنهار المختلفة أو من الكثبان الرملية مثل.

2. الأحجار المكسرة:-

تستعمل الأحجار المكسرة في الأعمال الخراسانية في المناطق التي ينعدم فيها الرمل والزلط أو إذا كانت تكاليف الركام المستورد بالمنطقة عالية ومن أمثلة الأحجار المكسرة الصالحة للاستعمال:

أ. الجرانيت:-

صلب ومتين وكثافته عالية ويعتبر من الصخور الممتازة للخرسانة.

ب. البازلت:-

الحبيبات المكونة لهذا الصخر صغيرة ويعتبر أيضا من الصخور الممتازة للخرسانة ولكنه غالي الثمن.

ج. الحجر الرملي:-

يصلح كركام للخرسانة عندما يكون الحجر صلبا كثافته عالية الحجر الرملي التي مدده اللاحمة كربونات الكالسيوم معرض للتآكل بواسطة حمضي الكربونيك والكبريتيت الموجودين بالجو وعندما تكون المادة اللاحمة غير كاملة يصبح الحجر الرملي مساميا وسهل الكسر وفي هذه الحالة لا يصلح للاستعمال في الخرسانة.

د. الحجر الجيري:-

تعتبر أنواع الحجر الجيري الصلدة ذات الكثافة العالية من المواد الصالحة للاستعمال كركام للخرسانة ولكن يجب تجنب الأنواع المسامية غير الصلدة بقدر الإمكان.

3. جلخ الأفران العالية (خبث الأفران):-

هو أكثر أنواع الركام الصناعي استعمالا وينتج من الأفران العالية أثناء إنتاج تماسيح الحديد ويتكون من سيليكات الكالسيوم والماغنسيوم وسيليكات

الألمونيوم ويصلح في الاستعمال للخرسانات الإنشائية بعد تكسيره بشرط تبريده في الهواء مع استبعاد الخبث المفتت.

4. الطوب المكسر:-

يمكن استخدام الطوب المكسر في الخرسانة العادية بشرط ألا تكون عدم القابلية لنفاذ الماء ومقاومة البري من الخواص المطلوبة ويجب أن يكون نظيف وثابت الحجم وجيد الحرق حتى يعطى خرسانة لها قوة كافية للأغراض المطلوبة ويراعى إزالة الجبس من الطوب القديم قبل تكسيره حيث أن الجبس قد يؤدي غالي تأخير زمن الشك أو تفتت الخرسانة.

5. الفيرموكوليت المنفوش:-

هو أحد عناصر مجموعة الليكا ويتم نفشه عن طريق تسخين الخام المجفف المطحون إلى درجة حرارة تصل إلى (980 م) لمدة تتراوح من(4: 8 ثوان) وتتميز حبيبات الفيرموكوليت المنفوش بخفة الوزن والنعومة ويزن المتر المكعب منه من(100 : 200 كغمم) ويعتبر عازلا ممتازا للحرارة.

6. الطين المحروق:-

يصنع بحرق الطين إلى قرب الانصهار ثم يبرد الطين المحروق ويكسر وينخل للأحجام التجارية المطلوبة ويكون وزنه النوعي (0.6) ووزنه الحجمي (650 كغمم/م^3).

7. الحجر الخفاف:-

هو ركام طبيعي خفيف الوزن ويستخدم بأحجام صغيرة حتى مقاس(16 مم) ويصلح كركام للخرسانة الخفيفة على ألا يحتوي على مواد بركانية ناعمة ويعتبر ركام الحجر الخفاف أفضل أنواع الركام الخفيف كعازل للحرارة ولكنه غالي التكاليف لأنه غالباً ما يكون مستورد.

صلاحية الركام:

لكل دولة من الدول الكودات الخاصة بها ولكن تكاد تتفق معظم الكودات على أنه يجب أن يتوافر في الركام الشروط التالية:

1. يكون الركام الكبير والصغير في الخرسانة من الزلط والرمل أو كسر الحجارة أو خليط منهما وفي جميع الأحوال يجب أن يوفيان بحدود المواصفات.
2. يجب أن يكون ركام الخرسانة من حبيبات الركام الكبير والصغير على أن تكون هذه الحبيبات صلدة وقوية ونظيفة وتامة التدرج.
3. يجب ألا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة بالخرسانة أو بصلب التسليح مثل الأملاح أو الطين والمواد الناعمة.
4. في حالة استخدام ركام صناعي يجب التحقق من مقاومته وتحمله مع مرور الزمن وخلوه من المواد الضارة بالخرسانة أو صلب التسليح.
5. يجب أن يوفي المقاس الإعتباري الأكبر للركام الكبير الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية للدولة مع مراعاة الشروط التي سبق ذكرها.
6. يجب أن تكون الكمية القصوى الكلية لمحتوى الكلوريدات كنسبة من وزن الركام المستخدم كما يلي:-

- لا تزيد النسبة عن (0.04٪) للركام الكبير.
- لا تزيد النسبة عن (0.06٪) للركام الصغير.
- لا تزيد النسبة عن (0.05٪) للركام الخليط.

وذلك للخرسانة المسلحة.

أما الخرسانة الإنشائية المعالجة بالبخار أو الخرسانة سابقة الإجهاد فان النسبة لا تتعدى(0.015٪) للركام الشامل.

ولأن الركام بشكل كبير يؤثر على جودة عملية خلط الخرسانة الطازجة وعلى صفات التصلب الخاصة بالخرسانة ويؤثر على نسب الخلط بالإضافة إلى التكلفة الاقتصادية للخرسانة، وكنتيجة لذلك فان اختيار الركام هو عملية مهمة للغاية.

مع أن بعض الاختلافات في صفات الركام يجب أن يتم توقعها إلا أن الخصائص التي يجب أن تتوفر في الركام التي يتم اختياره هي:

1. التدرج الحبيبي.
2. المتانة.
3. شكل الحبيبات وقوام سطح الحبيبات.
4. الحك ومقاومة الانزلاق.
5. وحدة الوزن والفراغات.
6. الامتصاص ورطوبة السطح.

التدرج الحبيبي يقصد به توزيع الإحجام المختلفة لحبيبات الركام. فحدود التدرج وأقصى حجم للركام الخشن مهم للغاية لأنهما يؤثران على كمية الركام التي سيستخدم بالإضافة إلى الحاجة للاسمنت والماء وقابلية التشغيل وقابلية الضخ ومتانة الخرسانة. بشكل عام إن تم اختيار نسبة الماء للاسمنت بشكل صحيح فأن مدى واسع من التدرج يمكن أن يستخدم بدون أن يؤثر هذا على قوة الخرسانة.

عند حدوث فجوة في التدرج فهذا معناه أن هناك حجم معين من أحجام الركام المتدرج قد تم إهماله من أحجام الركام المستخدم. أحيانا يتم إحداث فجوة في الركام عمدا للحصول على قوام موحد في حالة الخرسانة ذات الركام المكشوف، التحكم المغلق لنسب الخلط للركام يحافظ عليه من فقدان تدرجه.

شكل حبيبات الركام وقوام السطح الخاص بها يؤثران بشكل كبير على الخرسانة الطازجة أكثر من تأثيرها على صفات الخرسانة المتصلبة. القوام الخشن وكثرة الزوايا والاستطالة في الحبيبات يحتاج إلى ماء لإنتاج قابلية للتشغيل في الخرسانة أكثر من الحبيبات الناعمة والمستديرة للركام.

بالتالي عندما تزيد نسبة الماء يجب أن تزيد نسبة الاسمنت للوصول إلى نسبة الماء للاسمنت المرغوب فيها. بشكل عام الحبيبات المسطحة والطويلة يجب تجنبها أو يتم تحديدها بالا تزيد عن 15٪ من الوزن الكلي للركام.

وحدة الوزن تقيس الحجم التي يحتله الركام المتدرج بالإضافة إلى الفراغات في الركام. الفراغات الموجودة بين الحبيبات في الركام تحتاج إلى كمية اكبر من الاسمنت لملئها. الركام ذو الزوايا الكثيرة يزيد من حجم الفراغات الموجودة به. استخدام إحجام اكبر من الركام المتدرج بالإضافة إلى تحسين التدرج الحبيبي يقلل من حجم الفراغات الموجودة بالركام.

الامتصاص ورطوبة سطح الركام يتم قياسهما عند اختيار الركام المناسب للخرسانة لان الركام يتكون في أجزائه الداخلية من أجزاء صلبة بالإضافة إلى فراغات لربما تحتوي على ماء وربما لا. وبالتالي للمحافظة على نسبة الماء للاسمنت المعدة للخرسانة يمكن أن يتم إحداث توازن في هذه النسبة إن تم قياس نسبة الرطوبة في الركام وإضافتها إلى الحسابات الموضوعة للخلطة.

خاصية الحك ومقاومة الانزلاق تعتبران من الخصائص المهمة تبعا لاستخدام الخرسانة المضاف إليها الركام ففي الأسطح التي تتعرض لإعمال عنيفة وثقيلة بالإضافة إلى الأرصفة مثلا فأن خاصية الحك ومقاومة الانزلاق من الخصائص المهمة التي يجب قياسها للركام. يوجد بالركام معادن كثيرة تكحت وتصقل بمعدلات مختلفة وبالتالي فان الركام الاصلب يجب أن يتم اختياره للعمل تحت ظروف حك قاسية للتقليل من كحت.

الفحوصات الفيزيائية والميكانيكية للركام:

القيمة المقاسة / نوع الفحص / الخاصية المقاسة	المواصفات المتبعة / طرق الفحص
الركام (الحصمة)	
التدرج الحبيبي الحصمة الخشنة والناعمة	§ المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C136:2001.
الوزن النوعي وامتصاص الماء للحصمة الخشنة	§ المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C127:2001.
الوزن النوعي وامتصاص الماء للحصمة الناعمة	§ المواصفة القياسية الأمريكية ASTM C128:1997.

الفحوصات الفيزيائية للركام والتي تشمل التدرج الحبيبي والوزن النوعي للركام الخشن والناعم يجب أن يضع في الركام الشروط التالية:

أ. يجب أن تكون حبيبات الركام شبه كروية وغير مفلطحة وتفضل الأنواع عديدة الأوجه.

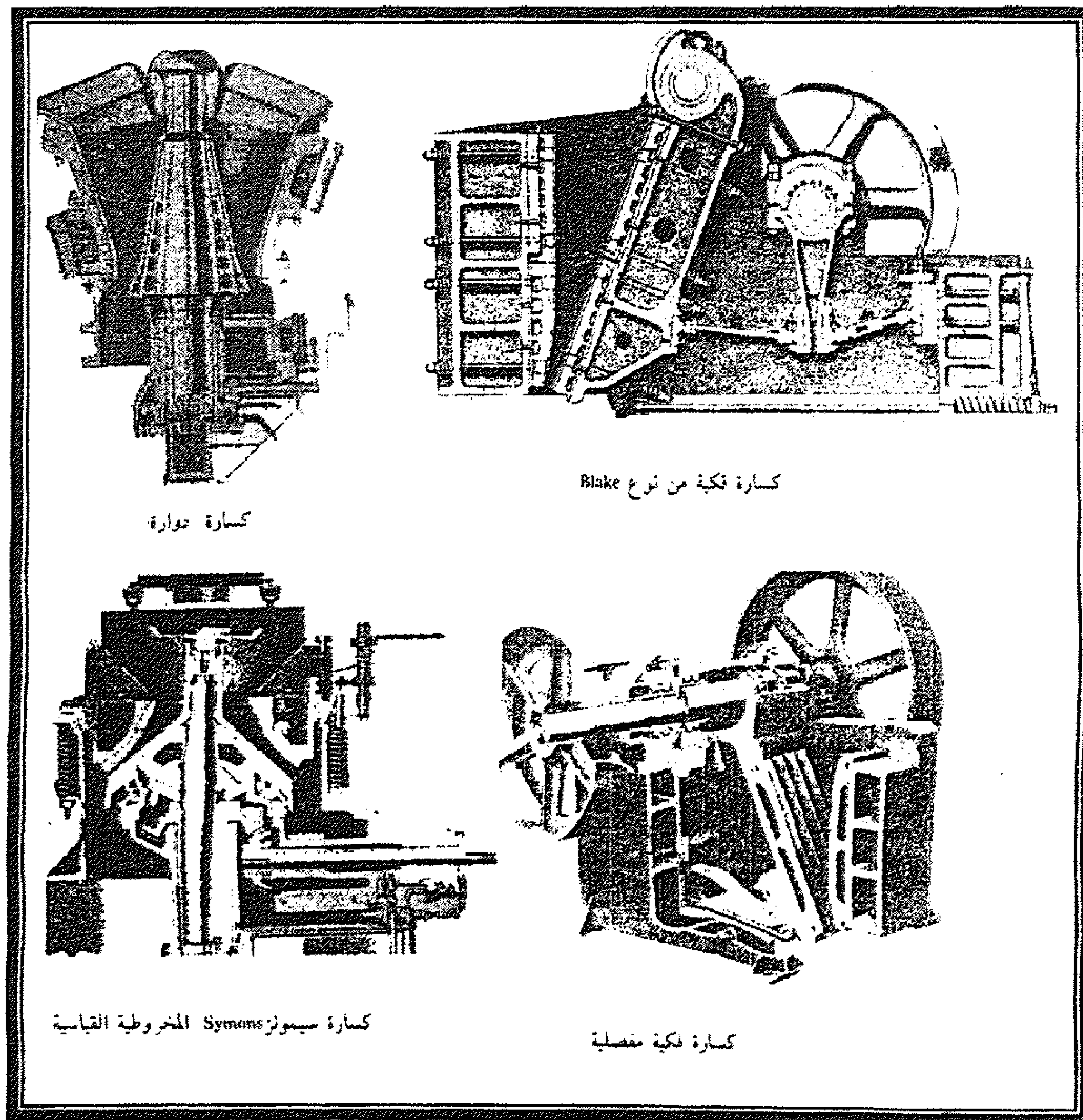
ب. يجب ألا تزيد نسبة الامتصاص عن 5٪.

ج. يجب ألا يقل الوزن النوعي الظاهري عن 2.35

د. يجب ألا تزيد نسبة الفاقد في وزن الركام عند إجراء اختبار الثبات عن 10-2٪ من الوزن.

ه. يجب أن يكون الركام المستخدم في الخلطات الخراسانية متدرجاً ضمن حدود منحنيات التدرج الشامل المرفقة في ملحق رقم 1.

و. يجب أن يخضع الركام للغسيل قبل استخدامه وذلك لضمان خلوه من المواد العضوية والأملاح الضارة.



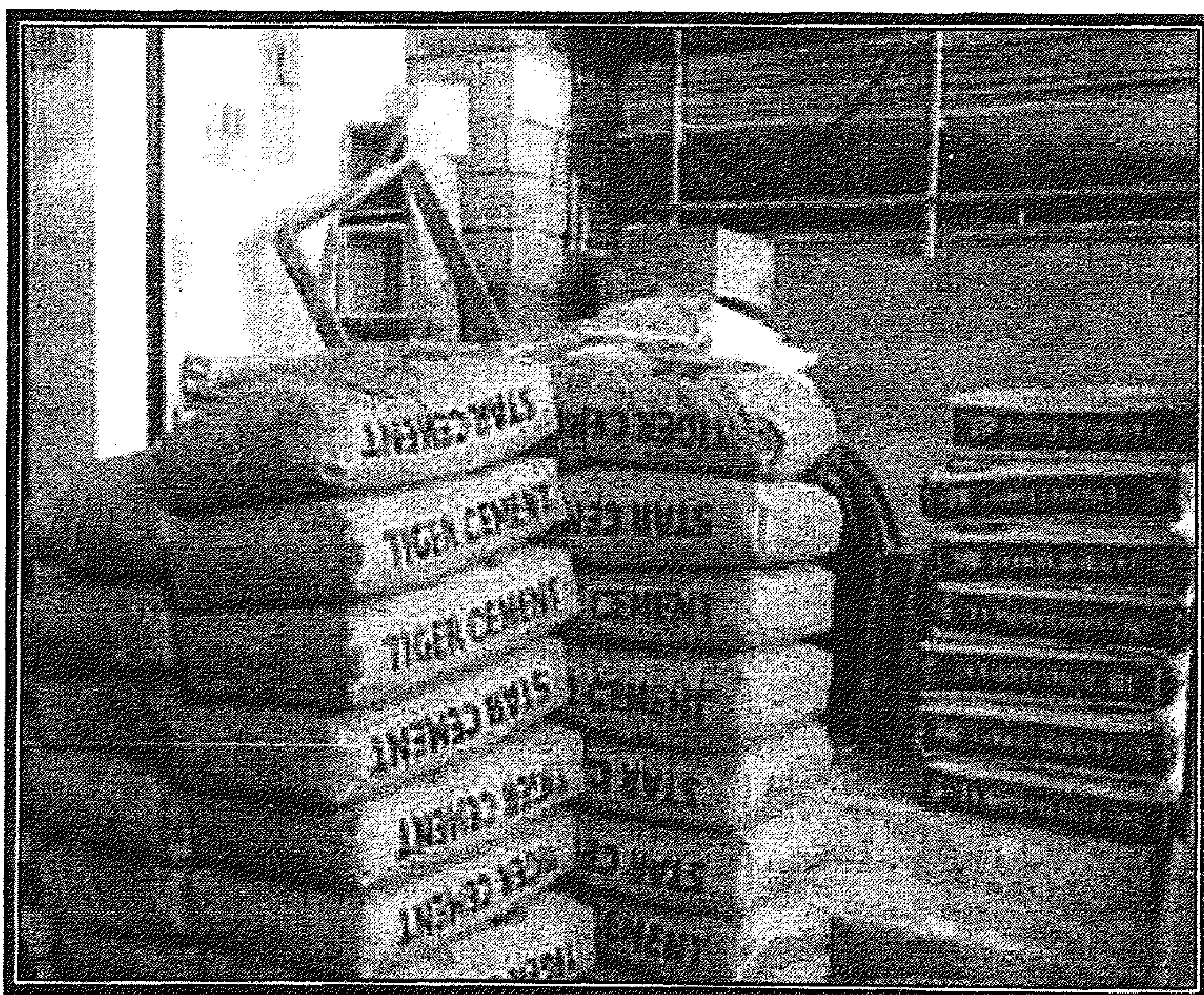
بعض أشكال الكسارات الخاصة بإنتاج الركام

الفصل الثاني

2

الإسمنت

Cement



الإسمنت
Cement

الاسمنت في الأصل كلمة معربة عن اللاتينية Caementum، ويقصد منها مسحوق الحجارة والرخام التي كان يستخدم رابطاً لأحجار البناء زمن الرومان. ويطلق اسم الاسمنت في اللغات الأوربية على كل رابط عضوي أو غير عضوي كالصمغ والهلام واللدائن والمعجونات وسبائك اللحام والإسفلت والاسمنت المائي.

إلا أن استعمال أنواع الاسمنت المائي في البناء والطرق غدا الأكثر أهمية، وأصبح مصطلح الاسمنت - إذا لم يحدد - يدل على الاسمنت العادي (البورتلندي) خاصة. أما أول مادة رابطة مصنعة عرفها الإنسان منذ القدم فهي الجص (كبريتات الكلسيوم المميّه) plaster والكلس الحيّ (أكسيد الكلسيوم CaO). وكانوا يحصلون على هاتين المادتين من شيّ الجص غير النقي والحجر الكلسي (فحمات الكلسيوم)، وقد استعملهما المصريون القدماء في إقامة منشآتهم الحجرية الضخمة ولاسيما الأهرامات، كما استعملهما الإغريق. وكانت أحجار الأبنية قبل ذلك تبنى من غير رابط، أو يربط بعضها ببعض بالغضار أو الحُمر Bitume كما في بابل وأغاريت واليونان. واستعمل الرومان الكلس بكثرة في أبنيتهم، وأضافوا إليها خلطات من البزُولان الطبيعي Pouzzolane (وهو رماد بركاني نشط أساسه السليس والألومين وأكسيد الحديد) وأضاف غيرهم مسحوق الآجر ورماد الحطب لإكساب تلك المعجونات قدرة التصلب بالتميُّه والتماسك مع الحجارة المحاطة بها، وحصلوا بهذه الطريقة على رابط مائي اصطلح على تسميته «الاسمنت الروماني» وسماه العرب الملاط التي هو بالفعل وسط بين الكلس الحي والاسمنت المعروف اليوم. وقد مكن ذلك الرابط البنائين من إقامة منشآت ضخمة مقاومة لتأثير الماء كالجسور والمرافئ. وظل يستعمل، إلى جانب المواد الرابطة الأخرى، في جميع بلدان العالم القديم إلى أواخر العصور الوسطى. وفي مطلع القرن الثامن عشر أدخلت تحسينات كبيرة مكنت من إنتاج أنواع محسنة من الكلس المائي. ففي

عام 1756 توصل الإنكليزي سميتون Smeaton إلى إنتاج ملاط يشبه الاسمنت الأسود المعروف شبهاً كبيراً. وفي سنة 1796 حصل جون باركر الإنكليزي على ترخيص لصنع مادة رابطة عن طريق شيّ المَرْل الطبيعي (وهو خليط من الغضار والكلس) ثم طحنه، وقد جاءت هذه المادة مماثلة للاسمنت الروماني في مواصفاتها. وفي عام 1812 باشر الفرنسي لويس فيكا Louis Vicat بحوثاً منظمة في بعض الطبقات الغضارية الكلسية، ونشر في عام 1818 بحثه الأول التي برهن فيه عملياً على أن الصفات المائية للمواد الكلسية «الهزيلة» Maigres تنجم عن احتوائها نسبة من الغضار، وأوصى بأن يشوى خليط من الكلس والغضار بنسب ملائمة للحصول على أفضل مواصفات لهذا الرابط. وبذلك عُدّ فيكا مخترع «الأكلاس» المائية الطبيعية والاسمنت الأسود الصنعي في آن واحد. إلا أن الإنكليزي جوزيف أسبدين Joseph Aspdin، وهو بنّاء آجر من ليدز، هو التي أطلق اسم «الاسمنت البورتلندي» على ذلك الرابط المائي التي توصل إليه بتجارب مشابهة، ونال في عام 1824 براءة اختراعه، وسبب هذه التسمية الشبه الكبير في المظهر، التي يبديه هذا الرابط عند تصلبه، مع الحجر الرمادي المنتشر في شبه جزيرة «بُرتْلند» الإنكليزية على بحر المانش، وقد شيد أسبدين أول مصنع لإنتاج هذا الاسمنت بطريقته المبتكرة التي عرفت فيما بعد باسم «الطريقة الرطبة». وتستخدم فيها الأفران البرجية، التي طرأت عليها فيما بعد تحسينات كثيرة.

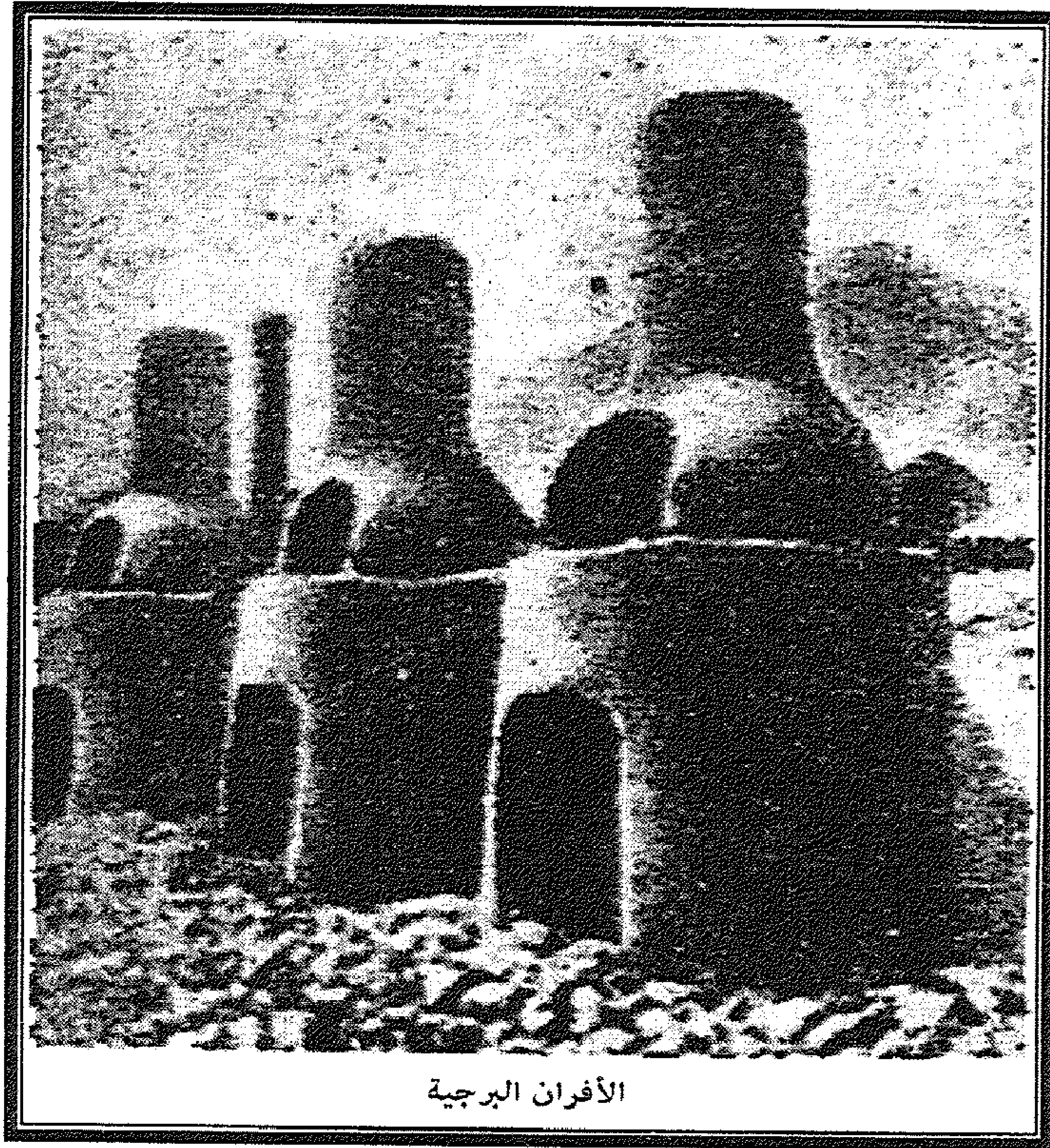
وفي عام 1825 توصل العالم الروسي ي.غ. تْشِيلييف E.Geliev، وحده، إلى اختراع نوع من الاسمنت البورتلاندي مزيج صنعي من الحجر الكلسي والغضار. وقام هذا العالم بتأليف أول كتاب في صناعة الاسمنت تناول فيه تقنية هذه الصناعة والخواص الفيزيائية والكيماوية للاسمنت المنتج. وظل الأمر كذلك إلى أن بين الإنكليزي جونسون Jonson في عام 1845 قواعد صنع الاسمنت البورتلاندي بدقة، ولاسيما اقتراح أسلوب طحن العجيرات nodules المتلبدة عند شيّ الخليط، والتي كانت تؤلف كتلاً صلبة صغيرة لا ينفذ منها الماء ولا تذوب فيه. وأصبح اسم الاسمنت البورتلاندي مقتصراً منذئذ على الاسمنت المنتج من طحن المواد بعد تلبدها. وقد شهدت هذه الحقبة بداية الصناعة الحقيقية

للاسمنت، إذ شيد جونسون المذكور في عام 1851 مصنع يوداليت udalit لإنتاج الاسمنت البورتلاندي(الأسود)، وتوصل إلى رفع درجة الحرارة في أفرانه 1450 درجة مئوية. وأقيم أولْ مصنع للاسمنت البورتلاندي في الولايات المتحدة عام 1876 على يد ديفيد سايلور. وكان الخليط يشوى في أتونات برجية مشا لتلك التي يشوى فيها الكلس. وفي عام 1885 أقام فريدريك رانسوم ederick Ransome أول فرن دوار يعمل بالطريقة الرطبة. ويعد هذا التاريخ خطوة مهمة تطور صناعة الاسمنت وانتشارها في العالم، وقد أدخل هذا الاختراع إلى الولاي المتحدة الأمريكية أول مرة عام.1899 وفي أواخر القرن التاسع عشر كذلك در الفرنسي لوشاتولييه Le Chatelier التركيب الكيماوي لمختلف مركب الاسمنت. وتابع الأمريكي بوغ Bogue استكمال هذه البحوث وانجازها، كما تود الفرنسي بييه Bied سنة 1908 إلى صنع الاسمنت الألوميني. ومع تزايد الحا إلى الاسمنت طورت صناعته، وبذلت كل الإمكانات لتحسين نوعيته، وتحس طرائق إنتاجه والوسائل التقنية المستخدمة لزيادة كمية الإنتاج وتقليل الكلف وغدت صناعة الاسمنت مؤشراً مهماً لنمو الفعاليات الإنشائية، كما أصبحت م الاسمنت أحد العناصر المهمة في بناء الحضارات الحديثة، وأحد المعايير الأسا للتطور الاقتصادي.

الأسمنت هو تلك المادة الرابطة الناعمة التي تتصلب وتقسى فتمل بذلك خواصا تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكون الخرسانة بعضها ببعض. وأهم استخدام للأسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يرب المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئ العادية. يجب عدم الخلط بين الخرسانة الأسمنت، فالأسمنت يشير إلى المسح الجاف المستخدم في ربط المواد الكلية للخرسانة. وللأسمنت المستخدم في البن نوعين هما الأسمنت المائي والأسمنت غير المائي. والاسمنت cement رابط ما ذروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة ع تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملا mortar والخرسانة Baton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديا

يعد الاسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تميّه Hydratation سيليكات الكلسيوم وألوميناته وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الاسمنت البورتلاندي» التي يعرف في بعض البلاد العربية باسم «الاسمنت الأسود» أو «التربة السوداء».

تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الإستراتجية. وهي مع ذلك صناعة بسيطة مقارنة بالصناعات الكبرى، وتعتمد على توفر المواد الخام اللازمة لذلك.



الأفران البرجية

مبادئ صناعة الإسمنت:

تحتوي الاسمنت على مادتين أساسيتين هما الكلس والطين هذا الأخير نضيف إليه مواد أساسية هي السليس، والألمين وأكسيد الحديد.

مادتي الكلس والطين تسحقان في آلات السحق وتمزجان مع بعضهما البعض بنسب يحددها المخبر ويطحنان في آلات الطحن ثم نمررهما عبر الفرن التي تبلغ درجة حرارته حوالي 1430°م. فنحصل حينئذ على مادة الكلنكر. نضيف لهذه

المادة مواد أخرى.وندخلها في آلة الطحن من بعدها نحصل على مادة الاسمنت التي توضع بأكياس ثم تعبأ.

الاسمنت يتكون كمواد خام من مادتين أساسيتين هما الحجر الجيري lime stone والطفله clay ومادتين إضافيتين يضافا حسب ظرف وطبيعة كل مصنع وهما الـ sand، iron ore الحديد والرمل ويسمى الحديد والرمل corrective materials أي مواد لتصحيح النسب المراد الوصول إليها فأحيانا تأتي الطفله والحجر بهما نسبه عاليه من الرمل فلا تحتاج لإضافة رمل.

الحجر الجيري أساسا عبارة عن $CaCo_3$ كالسيوم كربونات ولكن في الطبيعة يوجد به شوائب كثيرة مثل الSiO_2 و Al_2O_3 و Na_2O_3 و Fe_2O_3 وغيرها مثل البوتاسيوم والكلور وغيرها.

الطفله تتكون من 50٪ SiO_2 ومن 14 – 16 ٪ Al_2O_3 والباقي عبارة عن CaO، و Na_2O_3 و Fe_2O_3 وغيرها البوتاسيوم والكلور وغيرها.

الرمل يتكون بشكل رئيسي من ال SiO_2 في حدود 70٪ والباقي عبارة عن Al_2O_3 و Na_2O_3 و Fe_2O_3 و CaO وغيرها مثل البوتاسيوم والكلور وغيرها.

الحديد يتكون بشكل أساسي من Fe_2O_3 تكلمنا عن تركيب الاسمنت من حيث المواد الخام سنتكلم عن تركيب الاسمنت بشكل آخر من حيث التركيب الكيميائي ونربطه مع المواد الخام ولماذا اخترنا هذه المواد يتكون الاسمنت من أربعة اكاسيد هي الSiO_2 و Al_2O_3 و CaO و Fe_2O_3 المصدر الأساسي للـ CaO هو الحجر الجيري حيث يتحول $CaCo_3$ إلى CaO في درجات الحرارة العالية كما سيتبين فيما بعد المصدر الأساسي لل Al_2O_3 هو الطفله المصدر الأساسي لل SiO_2 هو الرمل المصدر الأساسي لل Fe_2O_3 هو الحديد ولكن أود إن الفت انتباهك إلى بعض النقاط:

- مع أن 50 SiO_2 ٪ من الطفله إلا إننا لم نضيف الطفله لنحصل منها على ال SiO_2 ولكننا أضفنا الطفله لنحصل على ال Al_2O_3

- ولكن لامانع من أننا فعليا نستفيد من وجود ال SiO_2 في الطفلة وكذلك بقية العناصر.
- يتم إضافة هذه المواد الخام بسب معينه وتدخل طاحونة ضخمه لتطحن حتى تصل إلى درجة نعومه عاليه وتسمى هذه الطاحونة بطاحونة الخام raw mill ولا يحدث بالطاحونة أي تفاعلات كيميائيه ولكن فقط طحن المواد الخام وفائدة هذا الطحن زيادة مساحة سطح الحبيبات تجهيزا لدخولها التفاعلات الكيميائية حتى تتعرض كل الجزيئات للتفاعلات.
- تكون النسب في المواد الخام تقريبا في حدود 75٪ من الحجر و 20٪ من الطفله و3٪ من الرمل و2٪ من الحديد وتختلف هذه النسب تبعا للنتائج والتحاليل ويراعى في هذه النسب ثلاثة معاملات هي:

- بعد خروج المادة الخام من الطاحونة تدخل صومعة للتخزين وتقليب المادة الخام فقط وفائدتها التقليب.
- ثم تبدأ أول مراحل التفاعلات الكيميائية في مبنى ضخم يسمى البرج أو ال Preheater وهو عبارة عن خمسة Cyclone، فوق بعض وCalciner وال Cyclone عبارة عن ما يشبه خزان ضخم وال Calciner عبارة عن خزان ضخم ولكن به شعله وكلهم متصلين يبعضهم البعض وفائدة هذه الصومعة ما يلي:

1. تسخين المادة الخام وتمهيدها لدخول الفرن.
2. تحويل ال $CaCo_3$ إلى CaO لأننا قد ذكرنا أن الحجر يتكون من $CaCo_3$ ونحن نحتاج في الصناعة ل CaO ويتم ذلك التحويل وفقا للمعادلة التالية $CaCo_3$ $CaO + Co_2$ وذلك عند درجة حرارة 950 درجه مئوية وبذلك تكون الاكاسيد الأربعة جاهزة للتفاعل في الفرن.
3. تدخل المادة الخام الفرن وهو عبارة عن اسطوانة ضخمه مائلة بزاوية بسيطة أفقيا تدور حول نفسها وفي طرفها شعلة ضخمة وبداخل الفرن يتحد الاكاسيد الأربعة مكونا ما يسمى أطوار الكلنكر وهي : C_3S, C_2S, C_3A،

C_4AF وهذه المواد الأربعة يكونوا ما يسمى ب الكلنكر clinker وهو المواد الأولية في صناعة الاسمنت ويمكن أن يصدر الكلنكر أو يدخل في المرحلة التالية ليتكون الاسمنت. وجدير بالذكر أن المركبات الأربع السابقة عبارة عن اختصار لما يلي: الC اختصار ل CaO، ال A اختصار ل Al_2O_3، ال S اختصار ل SiO_2، ال F اختصار ل Fe_2O_3 أي أن ال C3S عبارة عن ثلاث ذرات من ال CaO متحدة مع ذره من ال SiO_2 وهكذا وتصل درجات الحرارة إلى 1450 درجة عند نهاية الفرن عند الشعلة. بعد الفرن تدخل المادة الخام إلى ال cooler للتبريد المفاجئ وفائدته تبريد الكلنكر ومنع التفاعل العكسي وتفكك أطوار الكلنكر الأربعة إلى الاكاسيد المكونة لها. بعد المبرد يخرج الكلنكر وهو المنتج الأولى في صناعه الاسمنت. يضاف بعد ذلك جبس إلى الكلنكر ويدخلا معا طاحونة تسمى طاحونة اسمنت cement mill ويكون المنتج النهائي هو الاسمنت. يضاف الجبس في حدود 5٪ وفائدته تنظيم زمن الشك للاسمنت، في أطوار الكلنكر ال C_3A يشك لحظيا عند إضافة ماء ولكننا نضيف الجبس لتأخير زمن شكها، يتكون الجبس من $CaSO_4.2H_2O$ وتتحد هذه المادة مع ال C_3A مكونة مادة تسمى الاترنجيت تحيط بال C_3A وتأخر من زمن وصول الماء إلى ال C_3A وبالتالي تأخر من زمن الشك.

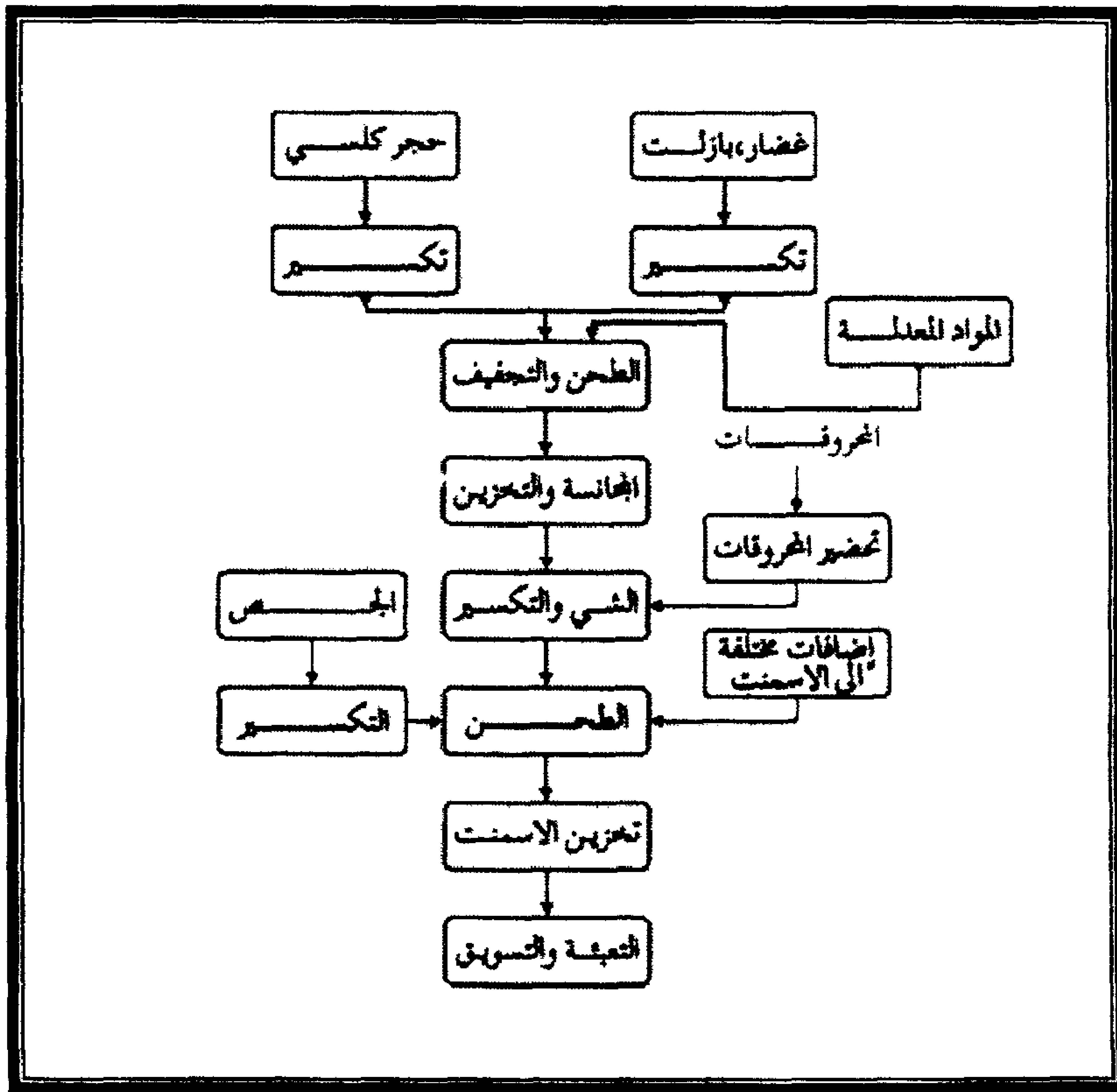
تشتمل عملية إنتاج الاسمنت اليوم على استخراج الخامات الطبيعية التي يتألف منها وخلطها ببعض المواد ونفايات الصناعة كالرماد وخبث المعادن الصخور والرمل وغيرها، ثم تكسيرها وطحنها لتصبح خلطة متجانسة بالقوام المطلوب، ثم شي الخلطة في درجات حرارة تراوح بين 1450°-1550°، ثم طحن الناتج - ويسمى الكلينكر - ليصبح على شكل ذرات دقيقة، مع إضافة قدر ضئيل نسبياً من مواد منشطة أو فعالة كالجص، حتى يأخذ الاسمنت صفاته المرغوب فيها.

طرق صناعة الإسمنت:

يتوقف اختيار الطريقة أساساً على عدد من العوامل التقنية والاقتصادية كدرجة تركيز الإنتاج واستهلاك الوقود والطاقة والقوى العاملة وهناك عدة طرق لصناعة الإسمنت هي:

أ. الطريقة الجافة:

ويبين الشكل المرفق التالي المراحل التقنية الأساسية لإنتاج الاسمنت بالطريقة الجافة، وهي المتبعة في أغلب المعامل الحديثة التي تتبنى هذه الطريقة.



المخطط التقني العام لإنتاج الاسمنت بالطريقة الجافة

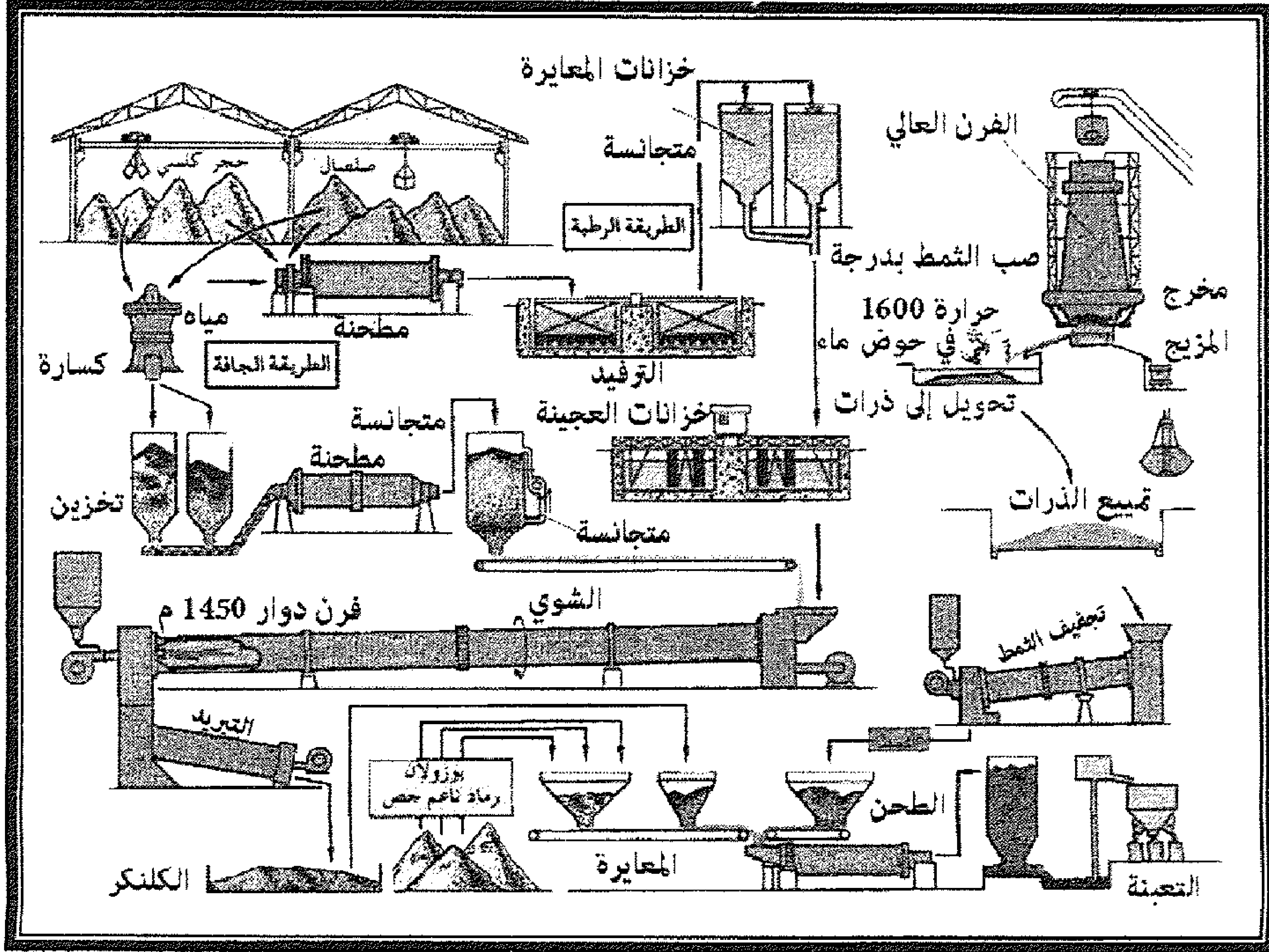
المواد الأولية واستخراجها: تتألف المواد الأولية التي يصنع منها الاسمنت البورتلاندي من خامات تحوي مادة الكلس أساساً كالحجر الكلسي والمَرْل والحُوَّار والصَدف ورماد الحطب والخبث، وكلها غنية بأكسيد الكلسيوم مع اكاسيد أخرى ضرورية كأكسيد السيليسيوم والألمنيوم والحديد وغيرها. ويجب أن تكون الخلطة

الأولية قبل عملية الشي (شوي) مشتملة على 90-95٪ من الاكاسيد الأساسية التالية بنسب محددة فيما بينها: أكسيد الكلسيوم أو الكلس الحي وثاني أكسيد السيليسيوم أو السيليس SiO_2 وأكسيد الألمنيوم أو الألمينا Al_2O_3 وأكسيد الحديد Fe_2O_3، ويضاف إليها نسبة ضئيلة من اكاسيد ثانوية مثل أكسيد المغنزيوم MgO وأكسيد الصوديوم Na_2O وأكسيد البوتاسيوم K_2O وأكسيد التيتانيوم TiO_2 وأكسيد الفسفور P_2O_5.

ويتم الحصول على هذه الخلطة من مقالع خاصة غنية بالمركبات الأساسية وفي مقدمتها الحجر الكلسي والغضار. ويتألف الحجر الكلسي أساساً من كربونات الكلسيوم $CaCO_3$، ويجب أن تكون نسبتها فيه بين 75 و100٪ وذلك بحسب نوعية الحجر الكلسي، وأما الغضار فيحوي السيليس والألومينا وأكسيد الحديد بنسب متفاوتة بحسب الغضار المتوافر، ويمكن استخدام البازلت، وهو صخرٌ بركاني، عوضاً عن الغضار لاحتوائه على المركبات المطلوبة. وإن تركيز هذه المركبات في الخلطة بنسب محددة تماماً شرط أساسي للحصول على الاسمنت المرغوب فيه. وهنا يأتي دور المركبات الثانوية، فهي إما أن تكون مواد مصححة أو مضافة. والمواد المصححة ضرورية لتعديل نسب المركبات الرئيسة وتصحيحها في حال وجود نقص أو لإعطاء الاسمنت صفة معينة، فيضاف الرمل لتعديل نقص السيليس، ويضاف الحديد أو خبث الحديد لتعديل نقص أكسيد الحديد، ويضاف البوكسيت bauxite لتعديل نقص الألومينا وغير ذلك. أما المواد المضافة فتتألف من مواد عضوية أو غير عضوية تضاف إلى الخلطة لتحسين ظروف شيها وتخفيف نسب المواد الفائضة فيها وتقليل استهلاك الطاقة، ويأتي في مقدمة هذه المواد الكلوريدات والفلوريدات والفوسفات والكبريتات وغيرها.

التكسير والطحن والمجانسة: يشترط قبل شيّ الخلطة في الأفران أن تكون جيدة الخلط وعلى هيئة ذرات ناعمة، ويتم الخلط في الطريق بين المقالع التي تأتي منها المواد الأولية وأفران الحرق. إذ يتم استخراج الخامات بالتفجير والحفر بوساطة الحفارات والجرافات، ثم تنقل على سيور ناقلة أو في عربات كهربائية أو

قطارات خاصة إلى أماكن التكسير والطحن، فتلتقمها كسارات ضخمة تصمم وفقاً للخواص الفيزيائية والميكانيكية لتلك المواد، وهي إما أن تكون ذات مطارق أو ذات فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك، أو أسطوانية أو مخروطية فيها كرات وكتل حديدية تسحق ما بداخلها.



مخطط صنع الاسمنت بالطريقة الجافة والطريقة الرطبة

ففي الطريقة الجافة تطحن المواد الهشة من دون تكسير أو تهشيم أولي، وقد يتطلب بعض المواد القاسية كالبازلت والمرمر وبعض أنواع الصخور الكلسية تهشيماً مبدئياً قبل إدخالها المطحنة. ويتم في أثناء الطحن خلط الخامات خلطاً جيداً ونهائياً. وقد يبدأ الخلط من المقلع ويستمر مع مرور المواد الخام في الكسارات فالمطاحن.

ويمكن أن نلخص الطريقة الجافة على النحو التالي:

لقد أخذ استخدام العمليات الجافة لصناعة الاسمنت في الانتشار ليحل تدريجيا محل العمليات الرطبة، بسبب الوفرة في الطاقة التي تتميز بها العمليات الجافة، والدقة في عمليات التحكم وفي خلط المواد الخام، دون إضافة الماء.

وعمليات التشغيل الرئيسية في هذه الطريقة هي:

1. تكسير وخلط المواد الخام:

تكسر المواد الخام من الحجر الجيري والسيليكات، والطين والأتربة السطحية بواسطة الكسارات، ثم تنحل وتنقل، ليتم تخزينها على هيأة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

2. الطحن:

يتم إدخال المواد الخام في مجفف دوار،حيث تجفف بواسطة الهواء الساخن أو العادم الناتجة عن تشغيل الفرن، ثم تطحن المواد الخام في طواحين المواد الخام وتنقل إلى صوامع تخزين ما قبل الخلط، حيث تصبح متجانسة بواسطة الهواء المضغوط، بعد ذلك تنقل المواد الخام المتجانسة من صوامع التخزين ما قبل الخلط إلى صوامع التخزين. تتم عملية الخلط بنسبة 30٪ طين، و70٪ حجر جيري.

3. الفرن والمبرد:

تسحب المواد الخام المتجانسة من قاع صوامع التخزين إلى فتحة التغذية برج التسخين الابتدائي ذي المراحل المتعددة، وقد يصل ارتفاع البرج 120م.

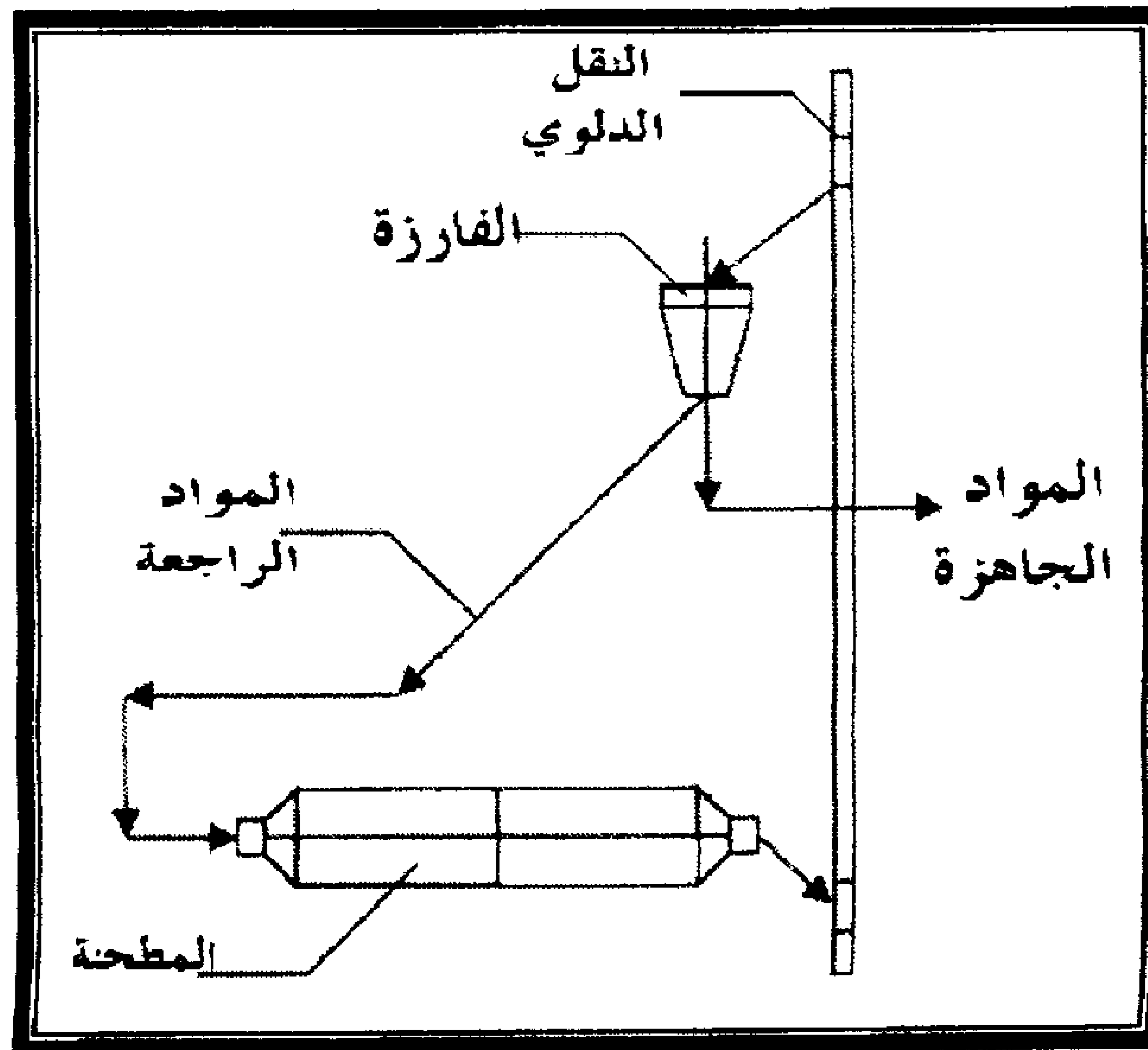
يستخدم الغاز الطبيعي أو المازوت كمصدر للطاقة الحرارية، كما يستخدم الهواء الساخن الناتج عن تبريد الكلنكر كمصدر إضافي للحرارة.يميل الفرن قليلا على المستوى الأفقي بحيث يسمح بحركة بطيئة للمواد الصلبة إلى الأسفل، فتقطع المسافة إلى فتحة التغذية الموجودة بأعلى الفرن إلى الطرف السفلي (جهة الاحتراق) حيث تتولد غازات الاحتراق عالية الحرارة في فترة زمنية تتراوح ما بين(1-3) ساعة،بينما تتحرك غازات الاحتراق إلى الأعلى في التيار المعاكس لحركة المواد الصلبة.فتعمل غازات الاحتراق الساخنة على تسخين المواد الخام، عند فتحة تغذية الفرن وتوفر كربونات الكلسيوم.

4. الطحن النهائي والتعبئة:

ينقل الكلنكر إلى طواحين كور حيث يضاف إليه الجبس ويعبأ في أكياس.

ب. الطريقة الرطبة :

وما يماثلها تجرش المواد الخام بوجود الماء التي يخفف من قسوتها ويقلل من الاستهلاك النوعي لطاقة الطحن، وتستمر إضافة الماء حتى تصبح الخلطة ثِمْطاً (طيناً رقيقاً) شبيهاً باللبن الرائب. ويتم الطحن في مطاحن أسطوانية ذات كرات فولاذية شديدة الصلابة مختلفة الأقطار، أو في مطاحن رحوية. وقد غدت المطاحن الرحوية هي المفضلة في صناعة الاسمنت الحديثة لأنها توفر الحصول على خلائط شديدة النعومة عالية التجانس ولاسيما عند إتباع الطريقة الجافة. ويتزامن الطحن مع التجفيف في الطرائق الرطبة ومثيلاتها، ويكون ذلك بترقيد الخلطة المائعة في رواقيد ضخام، أو بتمريرها في مرشحات على شكل «طنابير» drums دوارة مغطاة بالخيش، أو بتبخير الماء في مبادلات حرارية بتمرير تيار من الهواء الساخن، حتى يتم الحصول في خاتمة المطاف على خلطة أولية متجانسة ذات حجم حبيبي يتطابق والمواصفات المطلوبة، ولا تزيد نسبة الرطوبة فيها عند المخرج على 1٪، ثم تمرر الخلطة بعدها على منخل دقيق الثقوب (4900 ثقب/ سم^2) وفارزة تفرز الذرات الجاهزة إلى صوامع المجانسة والتخزين، وتعيد المواد الخشنة إلى المطحنة (لا تزيد نسبة هذه المواد على 10-18٪ من الخلطة).

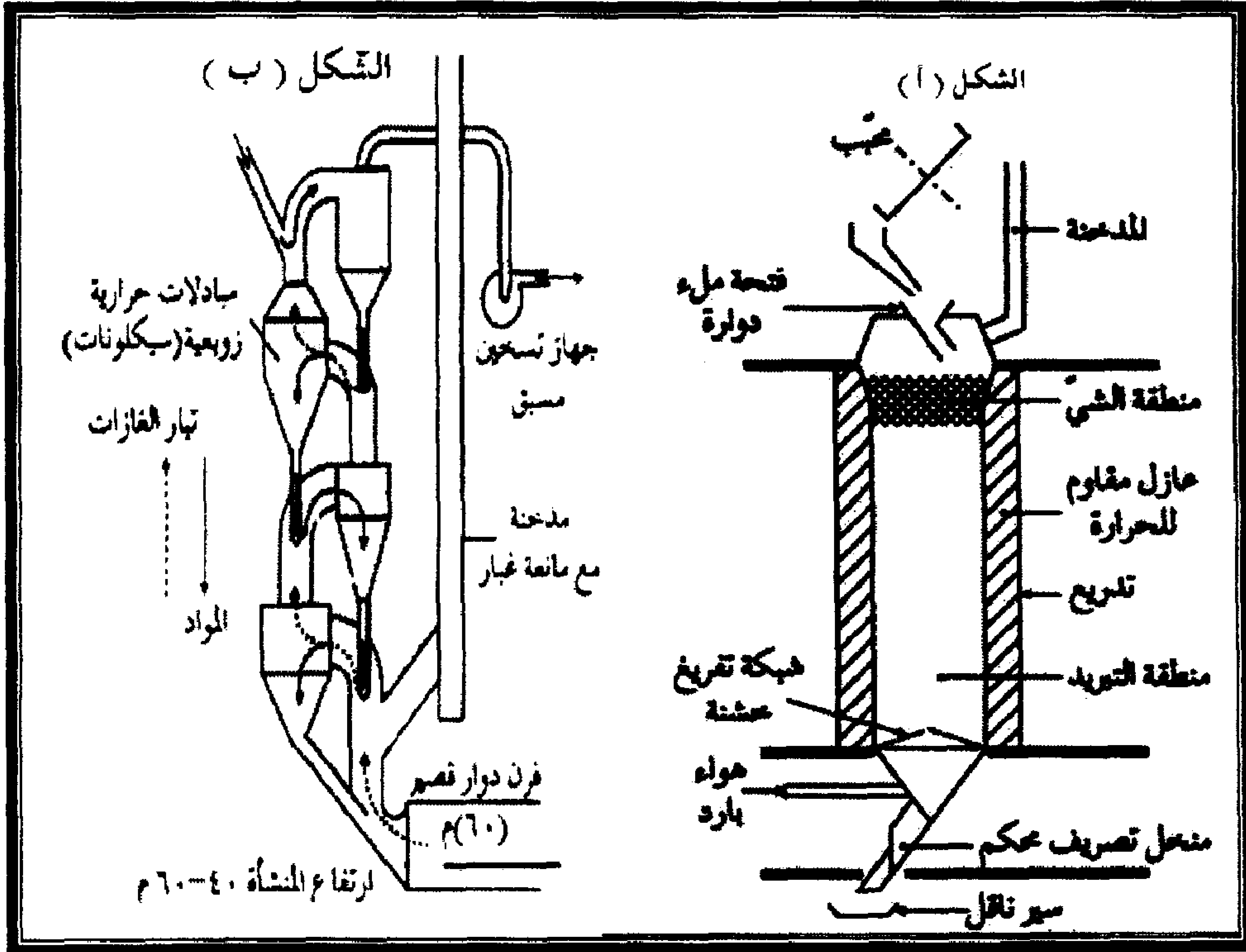


نظام طحن المواد الأولية في صناعة الاسمنت

وتؤخذ من الذرات الجاهزة عينات ساعية لمراقبة جودته وتعديل مواصفاته بإضافات جديدة في صوامع المزج والمجانسة من أجل الحصول على الخلطة المناسبة لعملية الشي. وعندما تصبح الخلطة جاهزة تفرغ في صوامع تخزين تغذي الأفران الدوارة بالذرات الخام. وقد يلجأ بعض مصانع الاسمنت إلى تجفيف الخلطة وشيها في الفرن في آن واحد اقتصاداً في الوقت والنفقة.

الشيّ: إن تحويل المواد الأولية الخام إلى «كلِنْكَر» clinker. وهي المرحلة الأساسية في صناعة الاسمنت، يتم في فرن دوار أو فرن شاقولي مهما كانت الطريقة المتبعة (جافة أو رطبة)، وفي درجات حرارة تراوح بين 1000 و1450 درجة مئوية. وتعتمد هذه العملية على عوامل مختلفة أهمها التركيب الكيميأوي للمواد الأولية وخواصها الفيزيائية والميكانيكية وحرارة الأفران عند الشي ونوعية الوقود المستعمل وطريقة التبريد والطحن النهائي.

تحتل أفران الشي المكانة الرئيسة في مصانع الاسمنت وكانت في بدايات هذه الصناعة أفراناً شاقولية مطورة عن أتونات حرق الكلس القديمة، ومازالت أنواع من الأفران الشاقولية شائعة الاستعمال في أوربا لمردودها الاقتصادي، وقد أدخلت عليها تحسينات كثيرة ساعدت على بقائها لتزاحم الفرن الدوار إلى اليوم، إلا أن معظم المصانع الحديثة تستعمل الأفران الدوارة في خطوط إنتاجها لقدرتها على زيادة طاقة الإنتاج وتحسين نوعيته. والفرن الدوار هو أسطوانة من الصفيح السميك مكسوة من الداخل بكساء مقأوم للحرارة، وتكون مائلة ميلاً خفيفاً على الأفق (4.3 سم لكل متر واحد) ضماناً لتقدم الكلنكر في داخلها نحو نهاية التفريغ، وتدور الأسطوانة حول محورها الطولي دورة كاملة في كل دقيقة أو دقيقة ونصف. ويرأوح طول الفرن الدوار بين 90 و 150م، وقد يصل طول بعض الأفران إلى 185م، أما القطر فيرأوح بين 3.5 و5م، ويكتسب الفرن حرارته في العادة من نفث لهب ذرات الفحم المشتعل في الهواء، أو من نفث المازوت أو الغاز المشتعل، ويخضع الخليط في نزوله على طول الفرن إلى تفاعلات عدة وبمستويات حرارة مختلفة.



الشكل (أ)

فرن شاقولي يعمل بالطريقة الجافة في أربعة طوابق (مبادلات حرارية) مع التسخين المسبق، نموذج همبولدت: الارتفاع الكلي 60م، طول الفرن 60م، الإنتاج اليومي 1500طن.

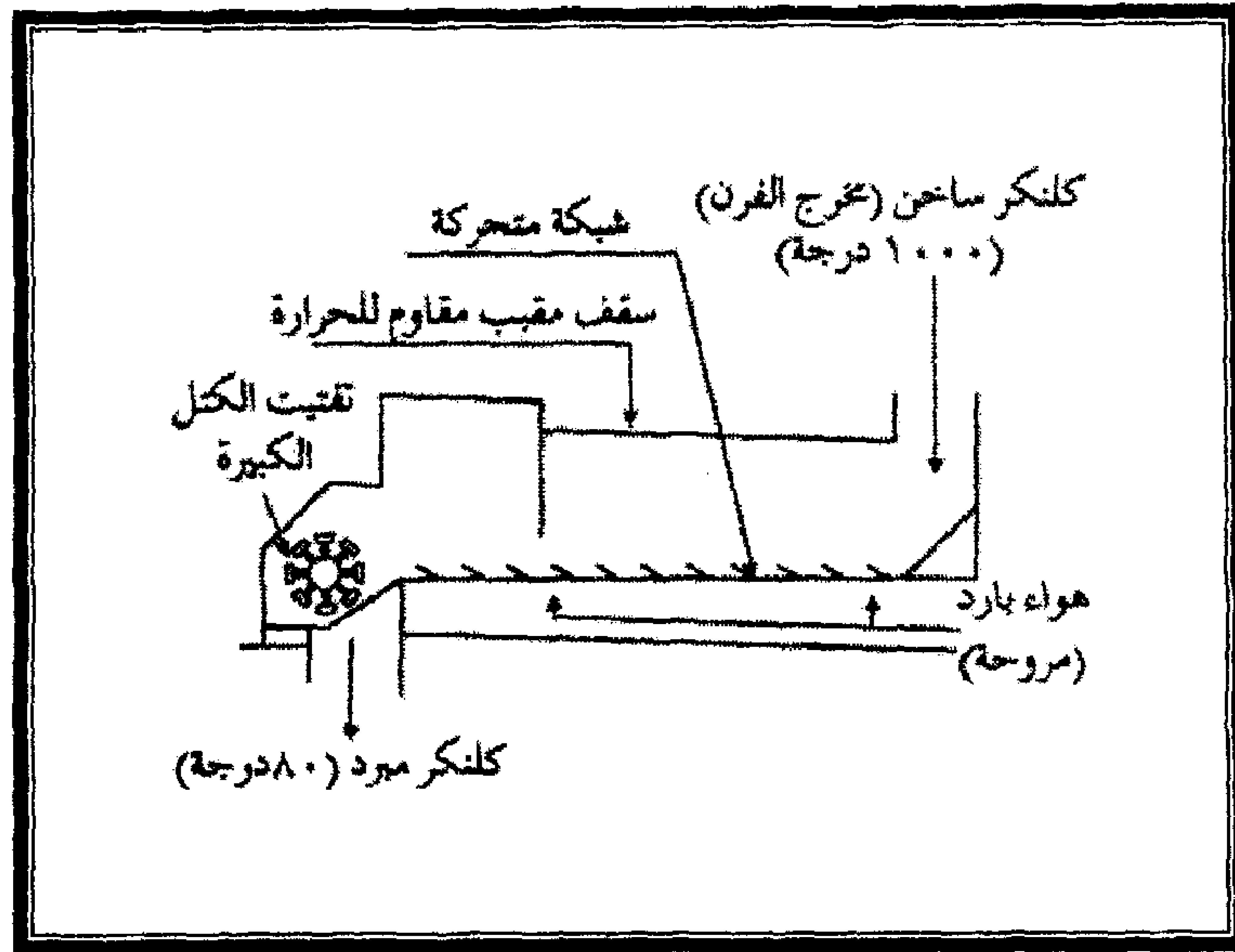
الشكل (ب)

فرن شاقولي يعمل بالطريقة نصف الجافة، نموذج فرن مستقيم: قطره 2.5م، ارتفاعه 10م، إنتاجه اليومي 200طن

وتتم في مرحلة الشي عمليات إرجاع كيميأوية ومبادلات حرارية يخضع فيها الكلنكر لتبدلات عدة قبل أن يبلغ صيغته النهائية. وأهم هذه التبدلات تبخر الماء الحر في الدرجة 100-200°، ونزع ماء التبلور من مركبات الغضار والبازلت تماماً عند الدرجة 500°، وتفكك الكربونات في المجال الحراري 600 و900° للحصول على الكلس الحي وثاني أكسيد الكربون، وتحول المركبات الغضارية والسيليس إلى بلورات في المجال الحراري 800 -1100°، ثم حدوث تفاعلات اندماجية بين المركبات في مراحل ثلاث ابتداء من تكون البليت belite ويعرف بالرمز «C_2S» ثم تكون الطور السائل من ألومينات ثلاثي الكلسيوم، ورمزه «C_3A» وألومينات حديد رباعي الكلسيوم «C_4AF» في المجال الحراري 1250-1350°،

وأخيراً تكوّن الأَليت alite التي يعرف بالرمز «C_3S» في المجال الحراري 1350-1450°، وهو أهم مركبات الاسمنت وبه تتحدد خواصه الرابطة. فإذا لم تصل حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة، فقد يتحول البليت إلى صيغة غير فاعلة عند التبريد، وتتسبب في تفتت الاسمنت مع فقد قدرته على التميه. وفي درجة الحرارة القصوى المذكورة يتحول نحو ثلث الكلنكر إلى الحالة المائعة. وتراعى كذلك عند تبريد الكلنكر قواعد محددة، لأن لمعدل التبريد وسرعته وتدرجه أهمية كبيرة في تحديد نسب التبلور وأطوار التحول، ولكل طور منها أثره الخاص في مواصفات الاسمنت النهائية واستعمالاته.

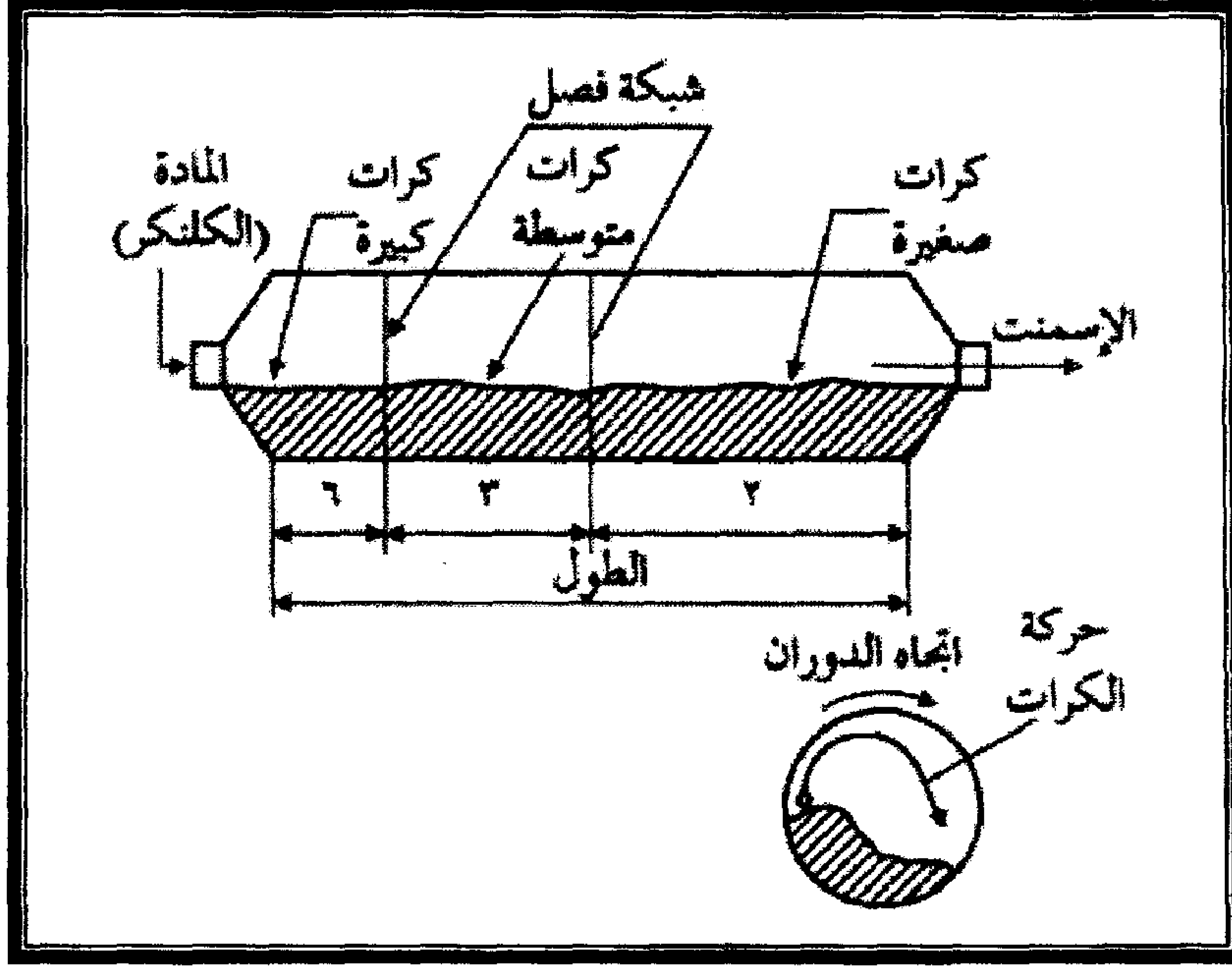
طحن الكلنكر: يؤدي تميع مركبات الكلنكر في أثناء الشي إلى تكور الناتج في شكل كريات لماعة سوداء اللون مختلفة الحجم تخرج من الفرن إلى أجهزة التبريد.



مبرّد ذو شبكة (يستعمل في كل الأفران)

ويتم طحنها في مطاحن خاصة على هيئة أسطوانة دوارة يرأوح طولها بين 8 و20م وقطرها بين 2 و4م، ومقسمة إلى حجيرات فيها كرات فولاذ تهشم الكلنكر وتطحنه ليصبح ذرات ناعمة. وإن لدقة حبيبات ذرات الاسمنت قيمة كبيرة في تحديد مواصفاته. إذ يجب ألا تقل المساحة السطحية للحبيبات التي يضمها غرام

واحد من الاسمنت عن 1600 - 1800 سم^2. وفي مرحلة الطحن هذه تضاف إلى الكلنكر كمية محددة من الجص لا تزيد على 4- 5٪ من حجمه الكلي لتحسين مواصفاته.



مطحنة ذات ثلاث حجرات (دارة مفتوحة)

ويمكن أن نلخص الطريقة الرطبة على النحو التالي:

يتم اختيار المواد الخام وتمزج بالماء لتعطي ناتج معلق تصل درجة حرارة المواد الخام (1430 -1650)°م، ويتشكل الكلنكر عند (1480)°م تعتمد هذه العملية على:

1. **تكسير وخلط المواد الخام:**

تكسر المواد الخام من الحجر الجيري والسيليكات، والطين والأتربة السطحية، بواسطة الكسارات، ثم تنحل وتنقل، ليتم تخزينها على هيئة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

2. الطحن:

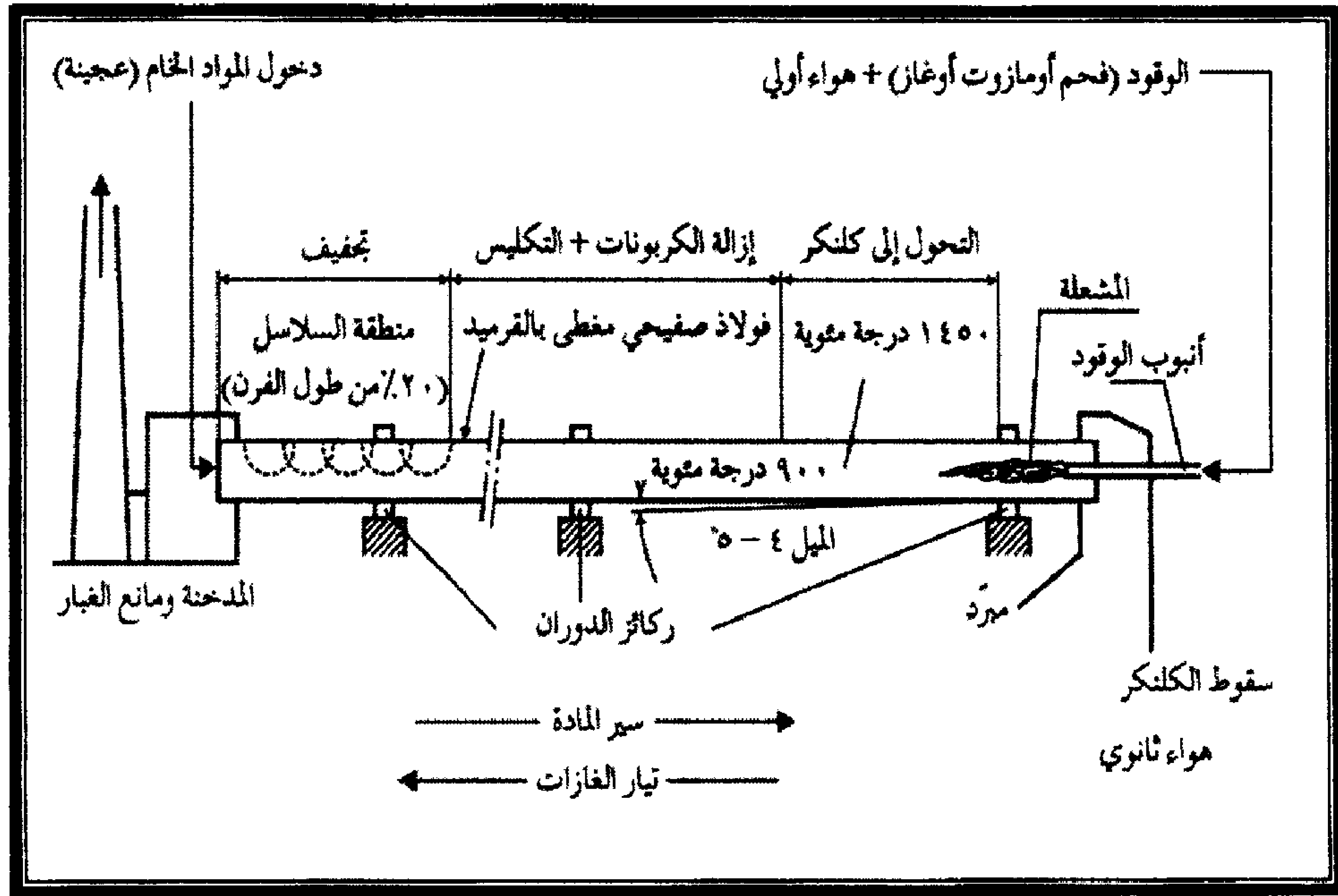
تنقل المواد الخام في طواحين المعلقات، حيث تخلط بالمياه ويستمر طحن المعلق حتى يصل إلى درجة النعومة المطلوبة، ينقل المعلق بعد ذلك إلى صوامع التخزين، حيث يصبح متجانسا بعد الضبط النهائي لمكوناته، وتأخذ منه عينات بشكل دوري لضمان مطابقة تركيباته المواصفات، ثم ينقل المعلق إلى أحواض المعلقات، حيث تقوم طواحين بتحويله إلى خليط متجانس.

3. الفرن والمبرد:

يسحب المعلق من قاع الأحواض إلى فتحة تغذية الفرن الدوار (الفرن الأسطواني الطويل)، مبطن من الداخل بطوب حراري، ويدور ببطء يميل قليلا عن المستوى الأفقي. ويسمح هذا الميل بدفع محتويات الفرن أثناء الدوران إلى الأمام.وتتولد عند الطرف الأمامي (الأسفل)، من الفرن غازات احتراق عالية الحرارة تتدفق إلى الجزء الأعلى (الخلفي) من الفرن في التيار المعاكس لحركة محتويات الفرن المندفعة إلى الأسفل، ويتم تبريد الكلنكر بواسطة مبرد هوائي. يكون طول الأفران في الطريقة الرطبة أطول من الطريقة الجافة وذلك حتى يكتمل فيها عملية تجفيف المعجون الممزوج بواسطة سلاسل معدنية ضخمة موجودة داخل الفرن أما هذه العملية ففي الطريقة الجافة يتم الاستعاضة عنها بالسايكلونات التي وجودها يقلص من طول الفرن بحوالي 50٪.

4. الطحن النهائي والتعبئة:

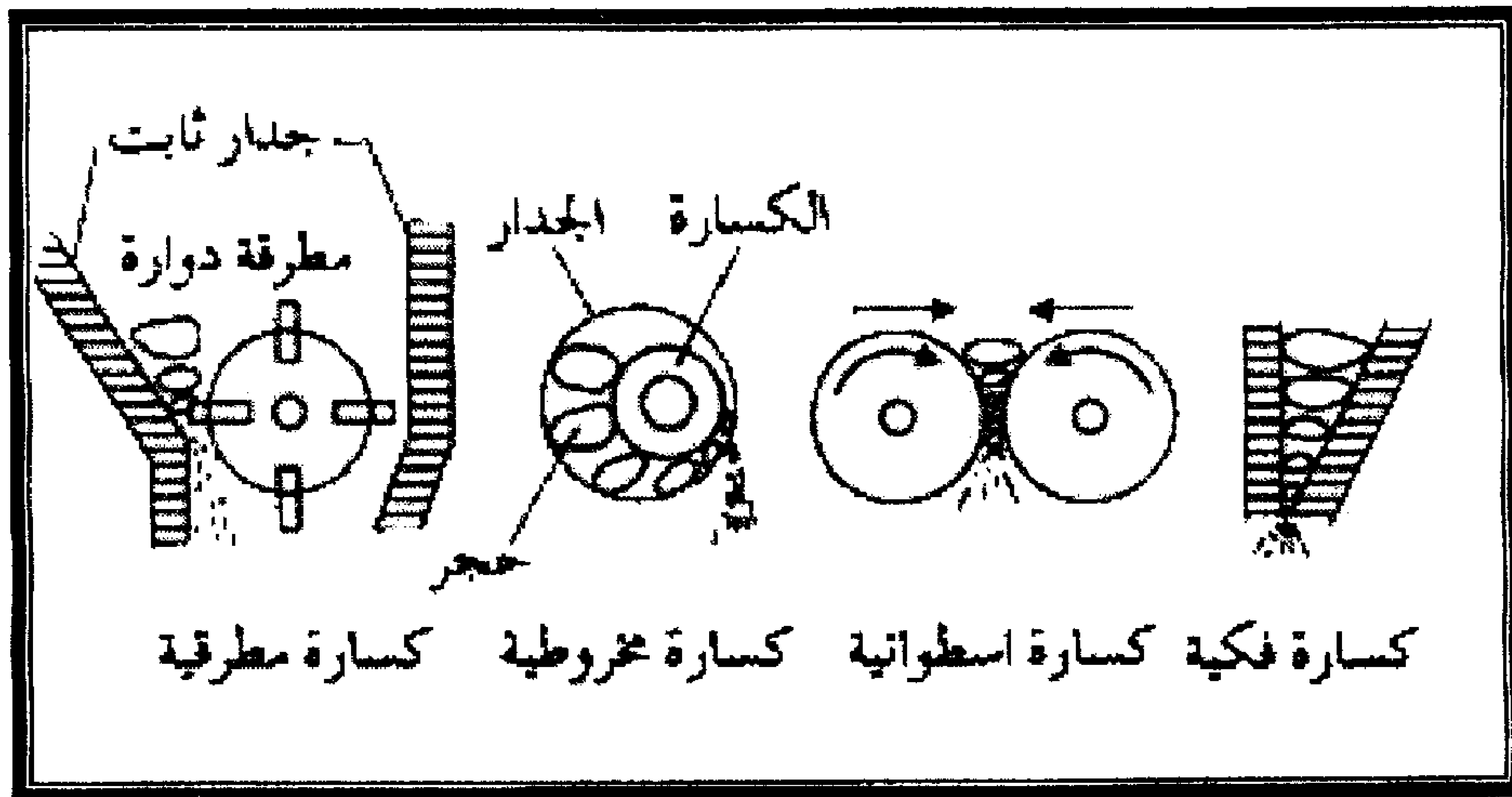
ينقل الكلنكر إلى طواحين كور، حيث يضاف إليه الجبس ويطحن، ثم يعبأ في أكياس.



فرن دوار أفقي يعمل بالطريقة الرطبة، قطره 4م، طوله 150م، إنتاجه اليومي 1000طن

ج. الطريقة شبه الجافة:

الطريقة شبه الجافة هي حالة خاصة من العمليات الجافة، حيث يستخدم الفرن(ليبول كيلن) أو الفرن المزود بعمود، وفي الحالتين تشكل المواد الخام المطحونة في العمليات الجافة، على هيئة حبيبات تتراوح قطرها بين(10- 15)مم،حيث يضاف إليها 13٪ من المياه.



كسارات تستخدم في صناعة الإسمنت

كيمياء الإسمنت:

هذه هي: (Fe_2O_3)، (Al_2O_3)، Cao (chaux) (Sio₂)) المكونات التي نصادفها في صناعة الاسمنت، نذكرها.

- أليت: $(C_3S) : (CaO)_3(SiO_2)$
- ألومنات: $(C_3A) : (CaO)_3(Al_2O_3)$
- بوليت: $(C_2S): (CaO)_2(SiO_2)$
- الكلس: $(CaCO_3)$
- سليت: Celite تسمية السليت C_4AF.
- الجير الحر: تكون شدتها عادة أقل من 2% من كتلة الكلنكر.CaO
- فوغيت:أحيانا تكون $(C_4AF):(CaO)_4(Al_2O_3)(Fe_2O)$ الألمينوفوغيت أو بغونميليغيت $(CaO)_2FeAlO_3$)هذه نصف تركيبة.
- جيبس: $(CaSO_4).(H_20)$ يسخن عند الدرجة(60- 200)°م
- بيغيكلاس: MgO
- بوغتلونديت : يساهم في هدرجة الجير الحر.$(Ca(OH)_2$) هيدروكسيد الكلسيوم
- الرمل: السيليس(SiO_2)

التركيبة الكيميائية للاسمنت (المواد المذكورة سابقا تساعد صلابة الاسمنت وتشده لشهور. النوعية النهائية المقدرة بواسطة قيمات محسوبة انطلاقا من التركيبة.

الإسمنت البورتلاندي:

مكونات الاسمنت البورتلاندي: يتألف الكلنكر من مكونات رئيسة ومكونات ثانوية، ولكل منها أثرها في تحديد مواصفات الاسمنت وخصائصه. والمكونات الرئيسة أربعة هي:

الأول هو سيليكات ثلاثي الكلسيوم وتعرف بالأليت وتركيبه الكيميأوي CaO.SiO23. وهو المسؤول الرئيسي عن التصلب المبكر والتماسك الأول في عجينة الاسمنت والماء، ويمكن أن يكون في عدة أشكال بلورية بحسب معدل حرارة تكوُّنه وتبرُّده.

والثاني هو سيليكات ثنائي الكلسيوم وهو البليت وصيغته الكيميأوية CaO.SiO22 وهو بطيء التصلب وله عدة أشكال بلورية ويسهم إسهاماً كبيراً في تماسك الاسمنت، على ألا تزيد نسبته على الحدود المسموح بها.

والثالث هو ألومينات ثلاثي الكلسيوم وهو مركب غير مستقر صيغته الكيميأوية $CaO.Al_2O33$ وينصهر في درجات حرارة تقارب 1539°، شره للماء يتفاعل معه بسهولة في حالته النقية، ويطلق كمية كبيرة من الطاقة الحرارية، ويمكن أن يوجد في أشكال بلورية متنوعة. وأهم خواص هذا المركب أنه مسؤول عن عملية الإنجماد والتصلب البدئيين، وتبلغ نسبته في الكلنكر نحو 7- 15٪.

أما الرابع فهو ألومينات حديد رباعي الكلسيوم ويعرف بالسيليت celite وصيغته $CaO.Fe_2O_3.Al_2O34$ ويوجد في الكلنكر بنسبة 8- 20٪، وهو مركب سريع التميه في الدقائق الأولى من خلط الاسمنت بالماء، ويعطي الاسمنت لونه الرمادي.

أما المكونات الثانوية فتشتمل على المواد التالية:

الأول هو الكلس الحر، ويعد وجوده في الكلنكر من علامات قلة الجودة ويسمح به في حدود ضيقة، فإذا فاضت نسبته عن الحد المسموح به فقد تتسبب في فساد الصبة الخرسانية (عدم ثباتها) وتمددها.

والثاني هي أكسيد المغنزيوم MgO وتكون موجودة في العادة في المواد الخام المستقدمة من المقالع في صيغة كربونات المغنزيوم MgCO3. وإذا زادت هذه المادة في الخلطة الأولية على 5٪ فإنها تؤدي بحسب نوعية التبريد، إلى تشكيلات بلورية حرة لها خاصية التمدد والانجماد وهي خاصية سلبية تؤثر في نوعية الاسمنت.

والثالث هو قلويات متعددة من نوع أكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم موجودة أصلاً في خامات المقالع بنسب متفاوتة، وهي تتداخل مع مركبات الاسمنت الأساسية في أثناء عملية الشيّ وتؤثر إيجاباً في سرعة تكون الكلنكر لأنها تخفض حرارة الشيّ كما تؤثر سلباً في معدات الأفران، وفي الصبات الخرسانية إذ تتحد بركام الحصى والرمل فتسبب تشققات في الخرسانة.

والرابع هو ثالث أكسيد الكبريت $SO3$ ويتكون في الكلنكر من مصدرين أساسيين أولهما الوقود المستعمل في الشيّ وهو يحوي نسبة عالية من الكبريت، وثانيهما خامات المقالع التي قد تشتمل على كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكلسيوم. وتأثير الكبريتات مهم جداً في الاسمنت، وكل زيادة أو نقص في نسبتها تؤدي إلى مشاكل إنشائية.

أما الخامس فيتألف من مركبات ثانوية أخرى تعتمد على طبيعة خامات المقالع كأكسيد التيتانيوم وأكسيد الكروم وأكسيد الفوسفور وغيرها. ولهذه المركبات تأثيرات إيجابية إذا كانت في حدود معينة، وسلبية عندما تزيد على هذه الحدود.

والسادس هو الجص، يضاف الجص (كبريتات الكلسيوم المميّه) $CaSO_4.2H_2O$ في أثناء طحن الكلنكر وبعد الشيّ وتكون نسبته 4- 6٪ من الحجم اعتماداً على نسبة ثالث أكسيد الكبريت الموجودة في الكلنكر. ويتم التحكم في كمية الجص المضاف تبعاً لنقأوة الاسمنت وخواصه المطلوبة. والغرض من إضافة الجص ضبط زمن تجمد المزيج الأسمنتي مع الماء والجبلة عند صب الخرسانة أو استعماله ملاطاً لكي يبقى هذا المزيج طرياً قابلاً للتكييف عدة ساعات قبل أن يتصلب. أما إذا كان الاسمنت خالياً من الجص فقد يتصلب المزيج فوراً قبل صبه في قوالبه، كذلك قد تؤدي زيادة نسبة الجص في الاسمنت إلى ارتفاع نسبة التمدد وحدوث تشققات في الصبات الخرسانية.

أما السابع فمواد فعالة سطحياً تضاف إلى الكلنكر والجص، في أحيان كثيرة، مثل البُزّولانات ورماد الخشب والجير المحروق والكلس والرمل وغيرها للحصول على مواصفات نوعية للاسمنت تتماشى مع متطلبات الإنشاء والاقتصاد.

خواص الإسمنت البورتلاندي:

هناك سلسلة من التفاعلات التي تحدث بين مركبات الاسمنت والماء والخلطة التي تضاف إليه عند صب الخرسانة. وأهم هذه التفاعلات هو تميه سيليكات الكلسيوم التي تؤلف هلاماً غروياً، يعرف باسم سيليكات الكلسيوم المائية، تحيط ذراته بكل جزيء من خلطة الخرسانة وتغلفها وتربط الكل في كتلة جلمودية صلبة. وتتحول معظم مكونات الاسمنت إلى مركبات بلورية شديدة التماسك. ويتحدد سلوكها بعوامل كثيرة منها صفات الاسمنت ونعومته ونسبة الاسمنت والماء وتكوين الصبة وطبيعتها والوقت المتاح للتصلب ودرجات الحرارة ووجود الهواء المخلخل في الصبة.

وتتحدد خواص الاسمنت الأساسية بالكثافة واللون والتصلب والميوعة وثبات الحجم والنعومة والمتانة ومقاومة الضغط.

- الكثافة: وهي تراوح بين 3- 3.2 أما الكثافة الظاهرية فتختلف بحسب نوعية مواد المزيج أي كمية الاسمنت بالكيلو غرام في المتر المكعب الواحد من الصبة، ومتوسط كمية الاسمنت فيها 1280- 1440كغ/$م^3$.
- اللون: يكون لون الاسمنت البورتلاندي رمادياً ضارياً إلى السواد في العادة، ويعتمد اللون على كمية السيليت في الكلنكر وجودة الشي (الشوي).
- التصلب setting: من الصعب تحديد خاصة التصلب في الاسمنت بسبب اختلاف نسب مركباته الكثيرة التي تؤثر في تميه الاسمنت، ويمكن تمثيل عملية التصلب مع الماء بعجينة متميعة لا تلبث أن تصبح عجينة متبلورة عالقة في محلول زائد الإشباع ثم تتحول إلى كتلة متماسكة ثابتة من شبكة بلورية كثيفة ومتصلبة.

- الميوعة fluidity: يأخذ الاسمنت قوام العجينة الثقيلة عندما تكون نسبة الماء المضاف25- 35٪، فإذا زادت هذه النسبة تزداد العجينة ميوعة، والعكس صحيح، كذلك تتأثر ميوعة العجينة بمحتوى الاسمنت من ألومينات ثلاثي الكلسيوم، إذ تزداد الميوعة إذا بلغت نسبة هذه المادة 14٪ أو زادت عليها.
- ثبات الحجم volume stability: وهو من خواص الاسمنت المهمة إذ يجب أن يبقى الحجم ثابتاً بعد التصلب في حدود ضيقة لكي لا تحدث تشققات أو شروخ في الصبة الخرسانية. ومن أهم أسباب عدم ثبات الحجم ارتفاع نسبة الكلس الحي ونسبة المغنزيوم في الاسمنت إضافة إلى سوء الشي بسبب خشونة خامات المقالع.
- النعومة finesse: وهي كذلك من خواص الاسمنت المهمة، فكلما ازداد الاسمنت نعومة ازداد تماسكه البدئي وتحسنت خواصه وتحسن سلوك مواده في التفاعل، وازدادت شراهة العجينة الإسمنتية إلى الماء. وقد يتطلب ذلك زيادة كمية الجص اللازمة لضبط زمن التصلب.
- المتانة strength: إن تطور تميه الاسمنت يؤدي إلى انسداد المسام في الكتلة المتصلبة. والمتانة تمنح الاسمنت ميزاته الفيزيائية والميكانيكية. وتعتمد المتانة على العوامل التالية:
- المسامية porosity: وهي في مقدمة العوامل التي تؤثر في متانة الاسمنت، فكلما ازدادت المسامية انخفضت متانة الاسمنت وبالعكس، وترتبط المسامية ارتباطاً وثيقاً بدرجة التميه.
- معدل الماء إلى الاسمنت: وهو يؤثر في القوة الرابطة وفي متانة الاسمنت، ويتعلق هذا المعدل بنوعية الاسمنت المستعمل وحجم الكتلة الإسمنتية وتركيب الاسمنت الكيميأوي والبلوري وطريقة خلطه بالماء.
- الحرارة: إن لدرجات الحرارة تأثيراً مهماً في القوة الرابطة ولاسيما في الأيام الأولى من الإماهة، أما في المراحل المتأخرة فيكون تأثيرها ضعيفاً. وتتناسب القوة الرابطة طرداً مع درجات الحرارة.

- مقاومة الضغط: يُميَّز الاسمنت بمقاومته للضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوماً من لحظة إعداد الخلطة، ويتم ذلك على مواد اختباريه من ملاط نظامي وعينات خراسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية وميكانيكية محددة.

أنواع الإسمنت البورتلاندي ومميزاتها:

للإسمنت عامة أنواع كثيرة منها البورتلاندي والأبيض والملون والأمينتي.

وللإسمنت البورتلاندي كذلك أصناف كثيرة منها الإسمنت السريع التصلب، والإسمنت المنخفض الحرارة، والمقاوم للكبريتات، والفضاعي (ذو المسام)، والكتيم، والمقاوم للجراثيم، والألوميني، والنفطي، والمغنيزي، والحديدي، والبزولاني، والقابل للتمدد، وإسمنت الطرقات، والإسمنت المخلوط. وتميز هذه الأصناف في كل دولة بحسب مواصفاتها القياسية والأصول المرعية لديها. وقد يعطى كل نوع منها رمزاً أو رقماً يدل عليه. أما أهم أنواع الإسمنت البورتلاندي فهي:

الإسمنت السريع التصلب: ويتميز بمحتواه المرتفع من الإليت والألومينات التي تزيد في سرعة التميه المبكر وفي مقاومة الإسمنت البدئية بالموازنة بينه وبين أنواع الإسمنت الأخرى، ويستعمل هذا الصنف في الصبات الخرسانية المسبقة الإجهاد وفي الأوساط المائية، وفي الصيانات الطارئة للمشروعات الصناعية.

الإسمنت المنخفض الحرارة: ويتميز بمحتواه المنخفض من الإليت وألومينات ثلاثي الكلسيوم من أجل الإقلال من حرارة تميه الإسمنت. أما الكتلة الأساسية في تركيب هذا الصنف فهي البليت، التي يتميز بتميه بطيء وحرارة تميه منخفضة بالموازنة بينه وبين المركبات الأخرى. ويستعمل هذا النوع من الإسمنت البورتلاندي في الصبات الخرسانية كالسدود والجسور.

الإسمنت المقاوم للكبريتات: ويتميز بمحتواه المنخفض من ألومينات ثلاثي الكلسيوم فلا تزيد نسبتها على 5٪، ولا تزيد نسبتها مع نسبة السليت على 25٪.

ويقاوم هذا التركيب تأثيرات الوسط الكبريتي، ولذلك تصنع منه صنوف وتركيبات مختلفة تناسب الأوساط البحرية والمشبعة بالكبريت.

الإسمنت الفقاعي: وهو إسمنت بورتلاندي عادي يحوي إضافات معينة عند طحن الكلنكر تسمح بتخلخل الهواء في الخلطة بنسبة 3- 7٪ من الحجم لكي تبقى في الصبة الخرسانية بعد التصلب بلايين الفقاعات الغازية بالمتر المكعب الواحد. والغاية من ذلك تحسين مقاومة الخرسانة للتأثيرات الجوية ولاسيما في حالات تناوب دورات التجمد والذوبان في المناطق المعرضة لمثل هذه العوامل.

الإسمنت الكتيم: ويتم الحصول على هذا الصنف من الإسمنت بإضافة سترات الصوديوم وسترات البوتاسيوم عند طحن الكلنكر، فتتفاعل هذه المواد مع مركبات الإسمنت عند المزج بالماء فتؤلف سترات الكلسيوم غير القابلة للذوبان في الماء، ويغدو الإسمنت كتيماً غير قابل لنفوذ الماء والسوائل فيه.

الإسمنت المقاوم للجراثيم: وينتج من إضافة مواد مقاومة للجراثيم إلى الكلنكر عند طحنه، ويستعمل هذا الصنف في صب أرضيات مصانع الأغذية وجدرانها مثل مصانع الألبان وتعبئة المأكولات، وفي حمامات السباحة.

الإسمنت النفطي: إن الغاية من وجود هذا الصنف من الإسمنت استعماله في عزل أنابيب النفط والغاز والتقليل من التأثيرات الجانبية للمياه والعوامل الأخرى المؤثرة في الأنابيب، لذا يجب أن يكون الإسمنت المستعمل كتيماً تماماً ومقاومتها للتآكل. وتستخدم في صنعه إضافات مناسبة ذات مواصفات معينة، وثمة أصناف كثيرة من هذا الإسمنت تتناسب وأحوال استعماله.

الإسمنت المغنيزي: يتميز هذا الصنف بنسبة عالية من أكسيد المغنزيوم تصل إلى 15٪ مع نسبة مرتفعة من أكسيد الحديد. ويتم إنتاجه بطحن الكلنكر المغنيزي مع الجص. ولهذا الإسمنت أصناف عدة تتناسب مع الأغراض الإنشائية، ويستعمل عادة في كسوة الأبنية وفي الخرسانة المسلحة وفي الصبات تحت التربة.

الإسمنت الحديدي: ويتميز بمحتوى عال من الحديد ومحتوى منخفض من الألومينا. ويضاف إلى تركيبه -في العادة- فلزات الحديد وخبث الأفران العالية، ويستخدم هذا النوع من الإسمنت في الطرقات والأماكن الأخرى التي تتطلب المقاومة ومنع التآكل.

الإسمنت الألوميني: ويتميز بمحتواه العالي من الألمنيوم، ويقرن بأعمال الفرنسي «بييه» التي توصل إلى تركيبه في الربع الأول من القرن العشرين في بحثه عن إسمنت سريع التصلب مقاوم لتأثير المياه الجوفية، ويتكون هذا الإسمنت من مزيج من المواد الكلسية والبوكسيت (صخر رسوبي يحوي نسبة عالية من الألومينا المميه مع نسب مختلفة من اكاسيد الحديد، وهو الفلز الأساسي للألمنيوم) تسخن حتى الانصهار ثم تبرد ويطحن الناتج من دون إضافات على أن تكون نسبة الألومينات 35- 45٪، ومن خواص هذا الصنف سرعة تصلبه العالية التي تمنحه مقاومة كبيرة منذ اليوم الأول للصب. وهو يستعمل في بناء الطرق التي لا يمكن تحويل المرور عنها إلا لمدة قصيرة، وفي المشروعات السريعة الإنشاء، وفي الأوساط الملحية والكبريتية، وفي الخرسانة المسبقة الإجهاد والطرق التي تتعرض للصقيع والثلج، وفي الأفران ذات الحرارة العالية. إلا أن تكاليف إنتاجه مرتفعة ويعادل سعر هذا الإسمنت 3 إلى 4 أضعاف الإسمنت العادي.

الإسمنت البزولاني: ينتج هذا الصنف من الإسمنت بإضافة البزولان إلى الكلنكر والجص بنسب مختلفة بحسب الغرض منه. وتراوح نسبة البزولان في الإسمنت بين 15و50٪، ويستعمل هذا الإسمنت في المناطق الحارة والأوساط الكبريتية وأرضيات المشروعات الكبيرة.

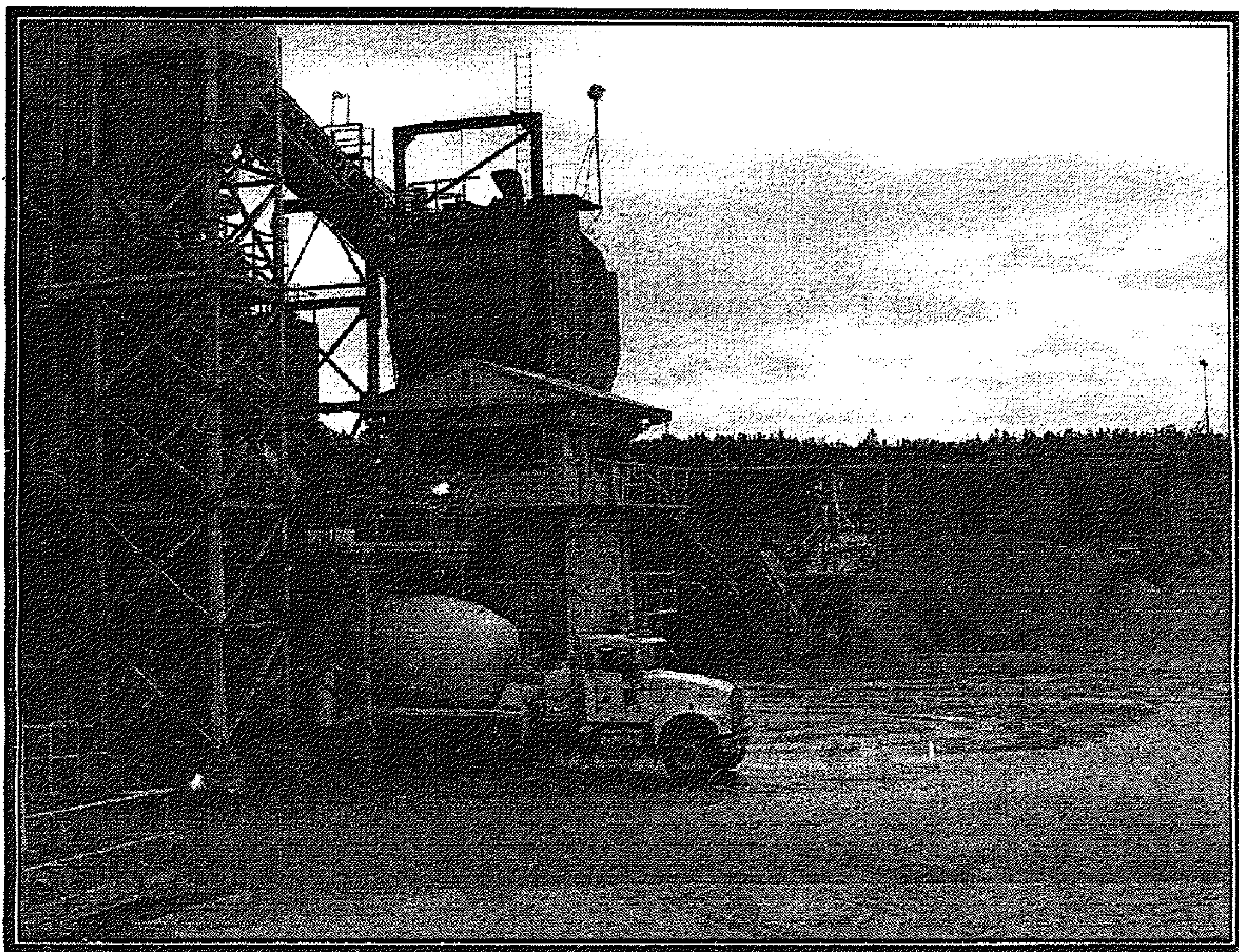
إسمنت الطرقات: وهو إسمنت بورتلاندي عالي المقاومة (500كغ/ سم^2 بعد 28 يوم)، ونسبة ألومينات ثلاثي الكلسيوم فيه 10٪، ولا يقل الزمن البدئي للتصلب فيه عن ساعتين، ويستعمل هذا النوع في خرسانة الطرق.

الإسمنت القابل للتمدد: وله أصناف مختلفة بحسب نوعية المواد الأولية وطريقة الاستخدام، وقد كان إنتاجه رداً على عيوب الصبات الخرسانية سابقاً، ويعد إنتاجه ثورة نوعية في صناعة الإسمنت. ومن مجالات استعماله المهمة المطارات والسكك الحديدية والأنفاق والمجموعات الإنشائية الضخمة، ومنها كذلك الخرسانة المسبقة الإجهاد كالأنابيب والجدران المسبقة الصنع وغيرها.

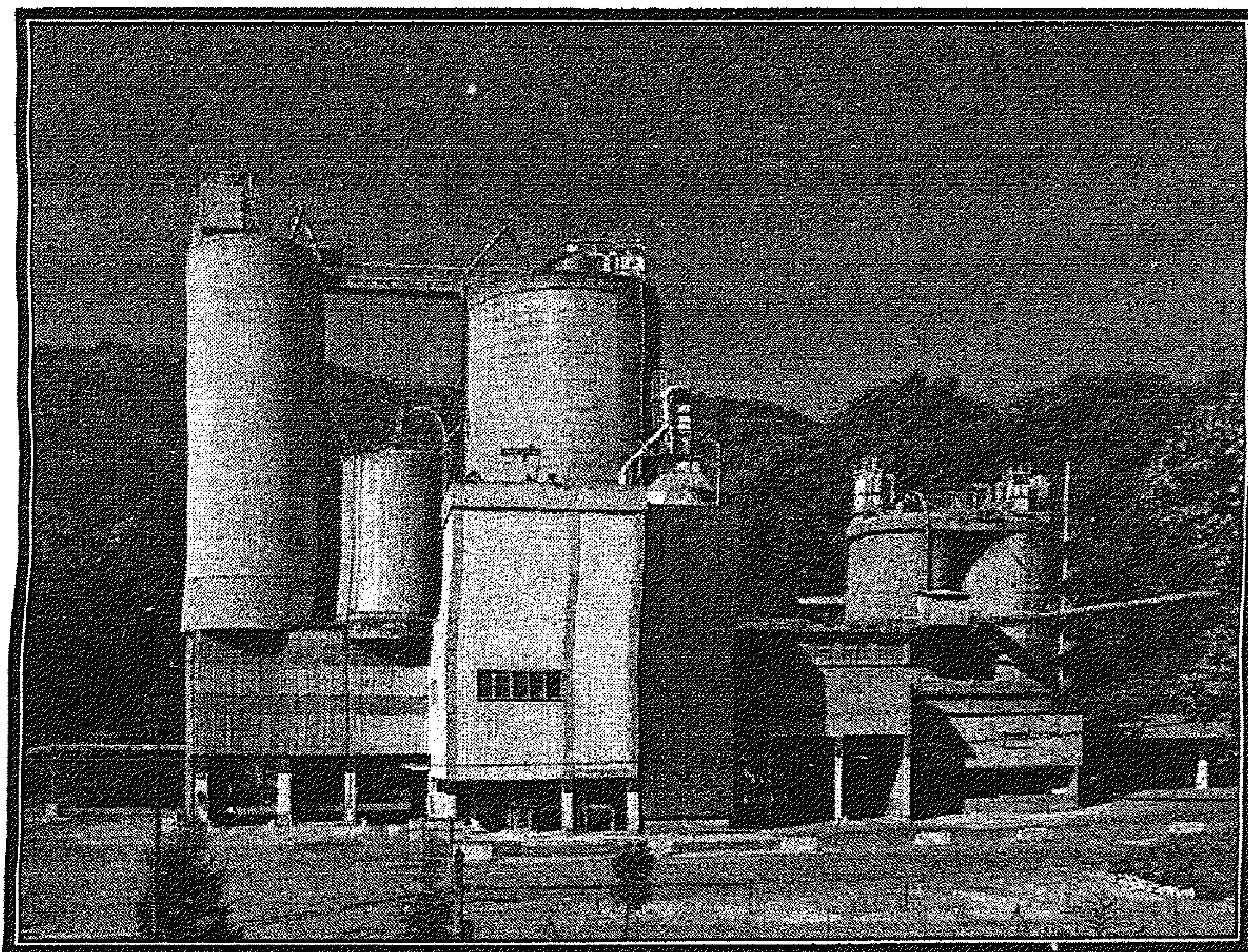
الإسمنت المخلوط: وهو إسمنت من الأصناف السابقة مضاف إليه مواد مالئة أو فعالة سطحياً يُنتج تبعاً للطلب وله أصناف عدة مختلفة الاستخدام كالإسمنت السيليسي والإسمنت البازلتي وغيرهما.

تطور تقنيات صناعة الإسمنت:

ظلت صناعة الإسمنت زمناً طويلاً تعتمد على تقنية بدائية يدوية، وهذا ما جعلها تتطلب الكثير من الأيدي العاملة. ومنذ الحرب العالمية الثانية أدى التطور الشديد في صناعة الإسمنت إلى مكننة المعامل وأتمتة أكثرها حداثة. وفي هذه الأخيرة أخذت العمليات اليدوية وضبط الأفران والمطاحن وكل أجزاء المعمل تتم آلياً. ويتم التحكم فيها أوتوماتيكيا بوساطة معدات إلكترونية. وقد وصل التطور في بعض معامل الإسمنت إلى قيام الحواسيب بضبط تشغيل الأجهزة بدلالة البرامج المحددة اللاقطة المثبتة في نقاط من المكنات والتي تقيس درجات الحرارة والضغوط والصبيب والتركيبات الكيماوية. وقد أدى هذا التطور في اتجاه الأتمتة إلى تحسين نوعية الإسمنت وانتظام إنتاجه. وسبّب أيضاً تزايداً مهماً في الإنتاجية. وتستخدم مصانع الإسمنت المؤتمتة القليل من الأفراد ولكنهم من ذوي الاختصاصات الرفيعة.



أحد مصانع الإسمنت



أحد مصانع الإسمنت

استخدام الإسمنت:

الأسمنت البورتلاندي العادي(OPC):

يستخدم الأسمنت البورتلاندي في الاستخدامات العادية، حيث يناسب جميع الاستخدامات التي لا تتطلب خصائص معينة كالمتوفرة في الأنواع الأخرى. ويستخدم هذا النوع من الأسمنت في الخرسانات الأسمنتية التي لا تتعرض إلى بعض العوامل مثل تغلغل الكبريت الموجود في التربة أو الماء.

الاستخدامات الرئيسية:

تتضمن استخدامات الأسمنت البورتلاندي العادي هياكل الخرسانة المسلحة والجسور وهياكل السكك الحديدية والصهاريج والمستودعات ومجرورات المياه والأنابيب والأرضيات والأرصفة ووحدات البناء.

- **التخزين:**

  - تخزن أكياس الأسمنت في مكان جاف وتحفظ بعيدا عن الرطوبة.
  - ترص الأكياس فوق قواعد خشبية.
  - تغطى الأكياس في الأجواء التي تتميز بالرطوبة وسقوط المطر.
  - ينصح بعدم وضع أكثر من 8 أكياس فوق بعضها البعض.

- **الصلاحية:**

  - ستة أسابيع من تاريخ التعبئة، بشرط سلامة التخزين وفق التعليمات سابقة الذكر.
  - يجب إعادة اختبار الأسمنت قبل الاستخدام بعد مرور هذه الفترة.

أسمنت بورتلاندي مقاوم للكبريتات(SRC):

ينصح باستخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات في الخرسانة المعرضة لتفاعلات الكبريتات الشديدة، ومن ثم ينصح باستخدامه عند احتواء التربة أو المياه الجوفية على نسبة عالية من الكبريت، كما إنه يتناسب للغاية مع الأساسات المبنية في جميع أنواع التربة.

ترجع قدرة هذا المنتج على المقاومة العالية للكبريتات إلى انخفاض نسبة مكون ألومينات ثلاثي الكالسيوم.

الإستخدامات الرئيسية:

يستخدم الأسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات خصيصاً في أعمال الخرسانة التي تتعرض لمياه البحار أو التربة ذات نسب الكبريتات المرتفعة، ونظراً لخصائص التربة المصرية، فإن هذا المنتج يعد أفضل الاختيارات لأعمال الأساسات.

- **التخزين:**

– تخزن أكياس الأسمنت في مكان جاف وتحفظ بعيدا عن الرطوبة.

– ترص الأكياس فوق قواعد خشبية.

– تغطى الأكياس في الأجواء التي تتميز بالرطوبة وسقوط المطر.

– ينصح بعدم وضع أكثر من 8 أكياس فوق بعضها البعض.

- **الصلاحية:**

– ستة أسابيع من تاريخ التعبئة، بشرط سلامة التخزين وفق التعليمات سابقة الذكر.

– يجب إعادة اختبار الأسمنت قبل الاستخدام بعد مرور هذه الفترة.

اختبارات الأسمنت تشمل:

أولاً: اختبار تعيين زمن الشك الابتدائي والنهائي.

ثانياً: اختبار مقاومة الضغط للأسمنت.

أولا: اختبار تعيين زمن الشك الإبتدائي والنهائي:

* الغرض من الإختبار:

تعيين زمن الشك الابتدائي وزمن الشك النهائي للأسمنت وقد نصت المواصفات القياسية على ألا يقل زمن الشك الابتدائي عن 45 دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائي عن 10 ساعات وذلك للأسمنت البورتلاندي العادي والأسمنت

البورتلاندي سريع التصلد والأسمنت الحديدي وذلك عند إجراء اختبار جهاز فيكات على عجينة الأسمنت الخالص ذات القوام القياسي.

زمن الشك الابتدائي:

هو الزمن التي يمضى من لحظة إضافة الماء للأسمنت الجاف (بنسبة ماء العجينة القياسية) إلى اللحظة التي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تنفذ في عجينة الأسمنت القياسية بحيث يبعد طرفها مسافة لا تزيد عن (5مم) من قاع قالب جهاز فيكات.

زمن الشك النهائي:

هو الزمن التي يمضى من لحظة إضافة الماء إلى الأسمنت الجاف إلى اللحظة التي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تخترق عجينة الأسمنت بمسافة أقل من 0.5 مم (أي تستطيع إبرة جهاز فيكات أن تترك أثرا لها ولا يظهر أي أثر لحرف الجزء الاسطواني المثبت حولها).

* الأجهزة المستخدمة:

يستعمل جهاز فيكات السابق مع استبدال الطرف الاسطواني بإبرة فيكات لتحديد زمن الشك الابتدائي واستعمال إبرة فيكات المثبت بنهايتها الجزء الدائري لتحديد زمن الشك النهائي.

الإمـــاهة:

ليس هناك سبب معروف حتى الآن في أن الإسمنت الهيدروليكي يولد قوة رابطة حين خلطه مع الماء، ولكن هناك كثير من المعلومات حول التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين الإسمنت والماء، عليه فإنه في جميع أنواع الإسمنت فإنه من المحتمل أن التفاعل الرئيسي التي يحدث هو تحول رباعي سيليكات الكالسيوم إلى هيدارات أحادي سيليكات الكالسيوم.

وأن الشك المبكر هو نتيجة تفاعل ألومينات ثلاثي الكالسيوم، ومن الممكن السيطرة عليه بإضافة كمية قليلة من الجبس إلى الإسمنت في طور التصنيع.

وأن الشك والصلابة لإسمنت خبث الأفران هما تماماً مشابهان للإسمنت البورتلاندي العادي.

إن إماهة الإسمنت البورتلاندي في العموم تتزايد بسرعة في البداية وتتباطأ لاحقاً، وفي المقابل تتنامى القوى في الأعمار المبكرة وتتباطأ في الحصول على القوة بعد ذلك بمرور (5) سنوات تقريباً بعد صناعة الخرسانة.

وتصلب الإسمنت عالي الألومونيا هو نتيجة لتحول سليكات الألومنيوم غير المائية إلى سيليكات الكالسيوم المائية. وزمن الشك لا يمكن تعديله بإضافة الجبس ولكن ممكن التحكم به بالمعالجة الحرارية للكلنكر بعد تبريده.

إن إماهة الإسمنت عالي الألومنيا تكتمل بعد عدة أيام وليس هناك حصول على القوة كما هو الحال مع الإسمنت البورتلاندي، وعلى العكس من ذلك إذا لم تكن الظروف مهيأة فإنه سيكون هناك نقص في القوة للإسمنت عالي الألومنيا المستخدم في الخرسانة.

دور ماء الخلط:

يعلب ماء الخلط دوراً أساسياً وآخر ثانوي في الخرسانة وذلك على النحو التالي:

1. تساعد في عمليه اماهه الاسمنت حيث تجعل الاسمنت يتفاعل مع المادة(الماء)حيث يكون الناتج الاماهه تكوين مركبات كبريتات البوتاسيوم المائية وتجعل المركبات تتلاحم مع بعضها ببعض. اقل كمية الماء اللازمة لاماهه الاسمنت لكي يكون مركبات تمسك مركبات الركام بعضها ببعض 90جم، كميه الماء ½ كميه الاسمنت فيكون الماء الزائد التي يضاف على الماء اللازم يجعل الركام يجري ف حجينه الاسمنت وذلك يسهل من عمليه التشغيل للخرسانة.

2. تساعد علي بلل سطح جزيئات الركام حيث يكون جزء من الركام يكون جاف فإذا دخل هذا الجزء في الخرسانة يودي إلى امتصاص جزء من الماء الاماهه ويودي إلى عدم إتمام عمليه الاماهه وذلك يضعف من مقاومه الخرسانة.

الدور الثانوي:

1. تغسل حبيبات الركام لتخلص من المركبات العضوية والشوائب
2. معالجه الخرسانة هي عمليه مهمة حيث فائدة المعالجة جزء من الاسمنت يتفاعل مع ماء الخلط والجزء منه يكون جزء منه خشن لا يتفاعل وعند معالجته بالماء يتفاعل مع الماء وذلك يرفع من مقاومه ضغط الخرسانة.
3. تتجنب حدوث شروخ انكماش الجفاف.

حيث إذا حدث ظروف ولم ترش لمده أسابيع يحدث شروخ انكماش جفاف احتمال حدوثها في البلاطات الخرسانية المسقوفة يكون شروخ عشوائية تكون سطحيه ولنتجنبها بالمعالجة الجيدة للخرسانة. ويجب أن تستمر لمده أسبوع من صب الخرسانة.

أنواع ماء خلط أخرى:

يستخدم أي ماء صالح للشرب كماء خلط ولا يشترط أن يكون الماء الغير صالح للشرب غير صالح للخلط فبعض أنواع الماء الغير صالح للشرب يمكن استخدامها في بعض أنواع الخرسانة.

إذا كان المشروع بعيد ولا يوجد ماء صالح للشرب فيجب إجراء تجربتين قبل استخدامها حيث نحضر مكعبات من اسمنت به ماء غير صالح لشرب واسمنت به ماء صالح للشرب فإذا كان مقأومه الاسمنت الغير صالح للشرب تصل إلى 90٪ أكثر من مقاومة الاسمنت الصالح للشرب فيمكن استخدامه.

ويشترط في ماء الخلط ألا يزيد محتوى الأملاح فيه على:

2.00 جرام في اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (t.d.s).

0.50 جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة cl.

0.30 جرام في اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة so3.

1.00 جرام في اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.

0.10 جرام في اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.

0.20 جرام في اللتر من المواد العضوية.

2.00 جرام في اللتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد العالقة.

لا يقل بصفة عامة – الأس الهيدروجيني (ph) – لماء الخلط عن (7) ويجب إجراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلي قبل استخدام الماء.

أما التجربة الثانية زمن الشك:

إذا كان زمن الشك سريع يعتبر عيب وإذا كان زمن الشك بطي يعتبر عيب يجب الالتزام بالكود للدولة بعض الدول حددت أن زمن الشك الابتدائي لا يقل عن 45 دقيقه وزمن الشك النهائي ألا يزيد عن10ساعات.

فإذا أجرينا علي اسمنت بماء غير صالح للشرب وأخرى صالحه وكان زمن الشك الابتدائي الصالح للشرب 80 دقيقه وكان لغير الصالح للشرب 12دقيقه يمكن استعمال ماء البحر في الخرسانة العادية ولكن بعد إجراء التجارب ولا يمكن استعماله في الخرسانة المسلحة.

درجات القوام:

أ) قوام جاف: نسبه ماء لا تزيد عن0.4الي 0.42 وتكون نسبه الماء: الاسمنت هي0.4

ب) قوام لدن: تتراوح نسبه الماء من 0.45 الى 0.6

ج) قوام مبتل: نسبه الماء إلى الاسمنت اكثرمن 0.6

الآثار السلبية لصناعة الإسمنت:

بالرغم من فاعلية مادة الإسمنت في البناء إلا إن صناعته تتضمن سلسة من السلبيات التي تؤثر على البيئة المحيطة به الأمر التي يعرض حياة الكائنات الحية

إلى سلسلة من الأمراض الخطيرة. فالأمراض الناتجة من جراء صنع الاسمنت والتعامل مع مادة الأمينت، التي هي بمثابة أمراض خطيرة تؤدي إلى الموت ومن بينها: مرض تشبع الرئة بالأمينت ASBSTOSE هو عبارة عن تليف خطي يصيب الشعيبات التنفسية والرئة، ينتج عن استنشاق غبار الأمينت وهذا باختلاف حجمه، إذ أن الجزيئات ذات الحجم المتوسط والكبير أكبر من (10ميكرو) هي أكثر سببا في حدوث عملية التليف. أما طريق الوقاية من هذا المرض الخطير، فيتم العمل في جو رطب أو في أجهزة مغطاة موضوعة في أماكن منخفضة. ويجب على العمال أخذ أقنعة مضادة للغبار. ويجب مراقبة الجو أو الهواء على الأقل مرة واحدة في الشهر. ولا يمكن قبول أي عامل بدون شهادة الكفاءة من طرف طبيب العمال، وهذه الشهادة يجب أن تجدد على الأقل مرة في السنة. ولا يتم قبول العمال الذين تقل أعمارهم عن 18 سنة، والذين يعانون من عجز كلي أومن حالة صحية سيئة.

كما أن هناك مرض تصون الرئة (Silicoses) هذا المرض ناتج عن استنشاق غبار أكسيد السليسيوم أو السليس الحر SiO، وهذا الأخير هو الوحيد التي يسبب مرض تصون الرئة، إذ أن الأعمال التي تعطي أغبرة تحتوي عليه، وهو عبارة عن جزيئه قطرها أقل من (5ميكرو)، ويبدأ الخطر عندما تفوق عدد الجزيئات 3000-4000 جزيئه في (السنتيمتر المكعب)، من الهواء. والوقاية من هذا المرض لا يوجد أي علاج بإمكانه أن يوقف من عملية التليف الرئوي. إلا بإبعاد العامل عن المغبرة. كما تفيد الدراسات هناك مرض آخر هو مرض التهاب الجلد، وهذا المرض هو أكثر الأمراض المهنية ويسبب الالتهابات الجلدية والأشخاص المعرضون لهذه الإصابات هم التين يتعاملون مع الاسمنت والحاملين لها في مصنع الاسمنت. حيث تلاحظ هذه الالتهابات على مستوى الرقبة والكتفين للأشخاص الذين يقومون بنقل الاسمنت وخاصة في أيام الجو الحار. للاسمنت شدة قاعدية 10<ph) (لذلك لها دور حارق والتهابي على مستوى المسالك التنفسية مسببا التهاب مخاطية الأنف التي يمكن أن يتطور إلى ثقب في حاجز الأنفي والتهاب التشعيبات الهوائية وان كان هذا التعرض للغبار شديد وطويل المدى يؤدي إلى التهابات الشعيبات الهوائية المزمنة (Branchiate).

ومـن الأعضـاء الأكثـر عرضـة للالتهـاب الجلـد نجـد: (الظهـر، اليـدين، الأصابع، الأظافر، الأقدام، الوجه)، وعلى مستوى العين يؤدي إلى التهابات حادة كالتهاب الأنسجة الضامة والجفون، وتظهر في نوع من الحساسية (كالتهاب العين الحاد، الدموع، ورم يلاحظ على حاجب العين). وللوقاية منه يجب أن نقلل من اتصال الجلد بالاسمنت باستعمال قفازات والكليمات الحامضية والدهنية – العناية الجسدية الجيدة مع غسل اليدين بماء نقي– كل لطمه جلدية يجب أن تعالج بصورة جيدة – يجب على العمال الجدد العاملين بالاسمنت أن يخضعوا لانتقاء طبي، إذ أن الأشخاص التين يملكون بشرة حساسة لا يمكن لهم أن يعملوا في هذه الأماكن– يجب أن تتوفر في العمال صحة المسالك التنفسية التي يقوم على رعايتها الطبيب خلال عدة فحوصات دورية منتظمة – كما يؤدي التعامل مع الإسمنت إلى التأثير على حاسة السمع لدى الإنسان. ويتم ذلك من خلال الضجيج يشكل غير صحي لعمال المصنع والسكان المجاورين ويستطيع أن يشكل لهم أمراض كارتفاع ضغط الدم. وللحيلولة دون ذلك يجب التدخل على مستوى الآلة أو التجهيز بوضع مواد أو تغيير بعض القطع – يجب عزل الآلات الأكثر ضجيج في أماكن خاصة – يجب على العمال ارتداء أقنعة وغلاقات الأذن.

ولمصانع الإسمنت أثاراً سلبية على الحيوانات حيث يكون غذائها مزيج بين العشب والاسمنت، وبالتالي يقضي على دورتها الوراثية. كذلك تشكل مصانع الإسمنت بعض الآثار السلبية على النباتات ومن أخطر سلبيات صناعة الاسمنت هو التأثير السيئ على البيئة وتهديد المجال المحيط به من خلال الإفرازات التي تطرحها الوحدات الصناعية من فضلات غازية وسائلة التي لها تأثير سلبي على الغطاء النباتي كتراكم طبقة سميكة من غبار الاسمنت على أوراق الأشجار فيؤدي هذا إلى إنتاج رديء للخضر والفواكه، إضافة إلى خطر تسمم الإنسان عند تناولها، وكذلك الحيوان عند تناول الأعشاب.

3

الفصل الثالث

الطوب

الطوب

يُعدُّ الطوب من أقدم مواد البناء المصنَّعة إذ تم صنع الطوب المجفف بأشعة الشمس في الشرق الأوسط حوالي عام 6000 ق.م. وتم شي الطوب وإنتاجه في المنطقة نفسها حوالي عام 3500 ق.م. وانتشرت بعد ذلك تقنية صناعة الطوب في كل من الصين والهند ونقلها الرومانيون إلى معظم أنحاء أوروبا.

وتدهورت صناعة الطوب في إنجلترا خلال القرون الوسطى (من القرن الخامس إلى القرن السادس عشر الميلادي)، وعلى الرغم من تغير الطرز المعمارية وتوافر الخشب، والحجر، ومواد البناء الأخرى، إلاّ أن صناعة الطوب قد نمت بعد حريق لندن الكبير في عام 1666م. وكان الحريق قد دمر عددًا كبيرًا من مباني المدينة الخشبية. وعندما أعيد بناء المدينة، شُيدت معظم المباني الجديدة من الطوب.

واستُخدم الطوب في عدد كبير من الدول في تعبيد الطرق والرصف حتى القرن العشرين الميلادي، حيث تم استبداله وعلى نطاق واسع بالرصف الخرساني.

ويبقى البناء بالطوب، حتى يومنا هذا، من أهم مواد التشييد والتزيين.

مع بداية القرن العشرين ظهرت الحاجة للمباني المرتفعة ذات الأدوار المتكررة، ومع ضعف تطور تقنيات البناء بالطوب الأحمر كان البديل السريع لمثل تلك المباني هي الخرسانة المسلحة وكان آخر مبنى شاهق من 16 دور يبنى بواسطة الطوب الأحمر هو مبنى ماند نوك (Manadnock) في شيكاغو بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1891م، حيث كانت سماكة الجدران في الدور الأرضي حوالي 2م مما أعاق إمكانية الاستمرار في بناء مثل تلك المباني بهذه الطريقة لزيادة سماكة الجدران وزيادة العوامل والتكاليف الاقتصادية لتحقيق ذلك ومن هنا ظهرت الحاجة للهيكل الخرساني بدلا من الجدران الحاملة والتي استمرت عبر التاريخ بسبب عدم مواكبة تقنيات البناء بالجدران الحاملة لمتطلبات العصر مما ساعد في سرعة تحول تقنيات البناء لاستخدام أسلوب البناء بالهيكل الخرساني.

في عام 1921م ومع ظهور الحاجة المتزايدة للبنايات المرتفعة والمباني بشكل عام ظهرت مشاكل ارتفاع أسعار الخرسانة المسلحة مما حدا بالباحثين إلى إعادة النظر في إمكانية دراسة تطوير الطوب الأحمر الفخاري مع استخدام حديد التسليح للوصول إلى تكاليف اقتصادية في أعمال تنفيذ المباني، وفي عام 1940م توصلت المجموعة الأوربية للمهندسين والمعماريين إلى إنتاج طوب أحمر فخاري تصل قوة كسره إلى 8000 رطل/البوصة المربعة (500) كيلو جرام/سم^2 بينما كانت أقصى قوة كسر للخرسانة المسلحة في ذلك الوقت لا تتجاوز (2500) رطل/البوصة المربعة (175) كغمم/سم^2.

وبهذا الانجاز زادت وتيرة البحث والاختبارات على مادة الطوب الأحمر الفخاري حيث توصل الكسندر برهمر (Alaxander Brehmer) من الجيش البريطاني في الهند إلى إمكانية تصميم قطاعات المباني بالطوب الأحمر المسلح بنفس نظريات ومعادلات الخرسانة المسلحة. وقد ساعد هذا الاكتشاف الحديث في تحويل مسار تقنيات وأسلوب البناء إلى أسلوب الجدران الحاملة من الطوب الأحمر الفخاري والاستفادة من المميزات والخواص المتمثلة في مقاومة الحريق وعزل الحرارة والصوت والتكاليف الاقتصادية المنخفضة في أعمال الصيانة.

وقد أضاف استخدام حديد التسليح في مباني الطوب الأحمر قدرتها على مقاومة القوى الجانبية مثل قوة الرياح والهزات الأرضية. وقد كان لهذه الدراسات والنتائج تطبيقات عملية مباشرة حيث تم بناء 26 مبنى لمستشفي فيترناس في عام 1952م في انتوش في لوس انجلوس في ولاية كاليفورنيا حيث استطاعت تلك المباني مقاومة الزلزال التي حدث في عام 1971م (SanFerrandoearthquake) ولم تتأثر إطلاقا بينما انهارت خمسة مباني مبنية باستخدام الهيكل الخرساني في الحادثة. وقد تسارعت وتيرة استخدام أسلوب البناء بالجدران الحاملة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العقدين1950– 1960م.وقد ساعد هذا الاتجاه المتزايد للبناء بالطوب الأحمر في ظهور أول مواصفات للمباني بالطوب الأحمر الفخاري في عام 1966م، كما أن استمرار زيادة وتيرة البحث والتطوير أداء واستخدام الطوب

الأحمر الفخاري في المنشآت أدى إلى دخول مادة الطوب الأحمر الفخاري في جميع مواصفات المباني الصادرة في الولايات المتحدة الأمريكية.

تعريف الطوب:

الطوب هي وحدة بناء صغيرة الحجم مصممة ذات الشكل المستطيل والمصنوع من مواد متوفرة ويصنع بعدة سماكات مختلفة، ومن خامات متنوعة تتناسب مع طبيعة الاستخدام ومنها الطوب المفرغ ومنها الطوب المملوء، حيث تتعدد أنواعه مثل الطوب الإسمنتي والطوب الطيني الأحمر والطوب الجيري والطوب الزجاجي... وغيرها.

البناء بالطوب عبارة عن رص الطوب بنظام خاص وربطه ببعضه بالمونة للحصول على كتلة واحدة جميع أجزاءها متماسكة بشكل يضمن حسن مقاومتها للضغوط التي سوف تتعرض لها ويجب أن لا يقل تحمل المونة للضبط عن تحمل القوالب نفسها وقد يستعمل الطوب كجدران حاملة داخلية وخارجية كجدران لتكسير فتحات وقسامات.

مزايا البناء بالطوب:

1. انتظام شكل الواجهات لانتظام مقاس الطوب نفسه.
2. سهولة نقل الطوب لموقع العمل لصغر حجمه ووزنه.
3. سهولة استعمال الطوب ووضعه في مكانه في أعمال البناء.
4. حسن التصاق الطوب بالمونة.
5. مقاومة الطوب للحريق.
6. مقاومة الطوب للمؤثرات الجوية.

أشكال الطوب:

أشكال الطوب كثيرة ولكن الأكثر استعمالا هو المتوازي المستطيلات.. وقد يأخذ أشكاله الصلبة بتجفيفه أو بحرقة أو بمعاملته كيمائياً. وقد يصنع الطوب مصمتاً أو مفرغاً كما يمكن الحصول عليه بألوان مختلفة.

ومن مميزات بعض أنواع هذا الطوب تحمله للعوامل الجوية والطبيعية ومقأومته للحرائق بجانب تحمله للضغوط العالية. ويمكن تقدير جوده الطوب على حسب انتظام شكله وأبعاده ورنينه وصلابته وخلوه من المواد الجيرية وتجانس لونه وسهولة كسره بالمسطرين إلى قطعيات صغيرة. والمواد العضوية المتحوصلة وكمية امتصاصه للماء عن غمره فيها. كما يجب أن يشون الطوب في الموقع في رصات لا يزيد ارتفاعها عن مترين وعرضها عن مقاس طوبتين وبشكل يسمح بالمرور بين صفوف الرصات بسهولة وذلك للكشف عليها بجانب سهولة تحميلها ورشها بالماء إذا لزم الأمر.

أنواع الطوب:

توجد أنواع كثيرة من الطوب في عالم تشييد المباني وسنقتصر الكلام هنا على الأنواع الشائعة الاستعمال، وسنذكر فيما يلي الخصائص المميزة لكل نوع وكيفية تصنيع أنواع هذا الطوب وتشييد المباني منهم.

1) الطوب الطيني:

ينقسم الطوب الطيني عموماً إلى نوعين رئيسين وهما:

أ. الطوب النيئ.

ب. الطوب الأحمر.

أ) الطوب النيئ:

وقد يسمي الطوب الأخضر أو اللبن أو الصاروج ويعتبر أرخص أنواع الطوب نظراً لبدائيته في تصنيعه. ويكثر استعماله في الريف الأردني والمصري وشمال السودان والعراق وسوريا ودول الخليج وأمريكا اللاتينية وبعض الدول الأخرى..

وعلى ذلك نجد أن معادلة عجينة هذا الطوب التي تنتج كالآتي:

الخلطة المكونة من 1م^3 تراب + 1م^3 رمل +20كغم قش+ 30٪ماء تعطي 660 طوبة مقاس 723 11X x سم.

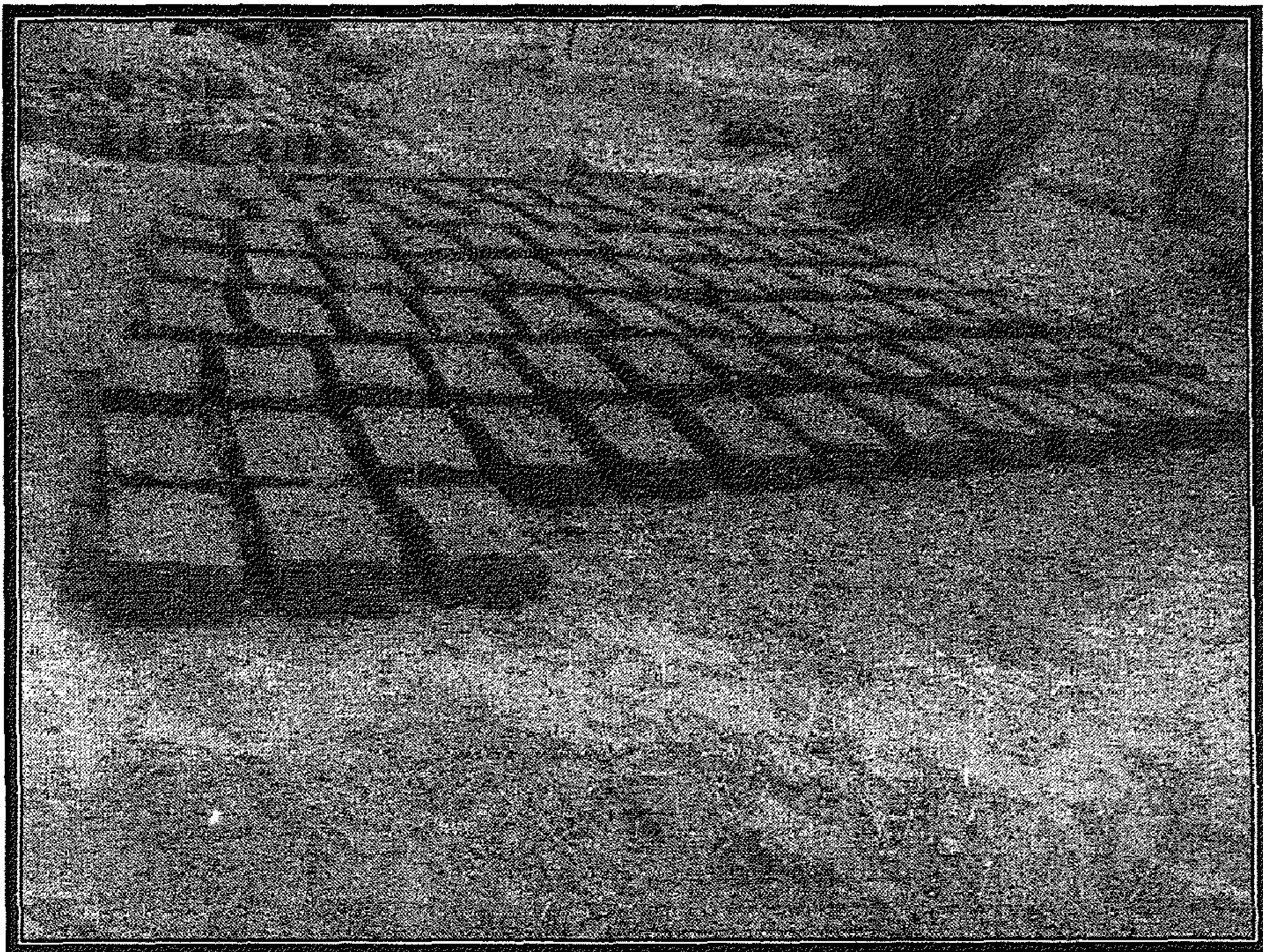
- فوائد الطوب الدنيء:

من فوائد البناء بالطوب النيئ أنه أقل توصيل للحرارة من الطوب الأحمر كما أنه ذو سعة كبيرة للاحتفاظ بالحرارة وهذا يساعد على دفء مباني الطوب النيئ في الشتاء واعتدال جوها في الصيف ويساعد ذلك أن سمك حائط الطوب النيئ أكبر من الطوب الأحمر وهذا يساعد أيضاً على بطيء انتقال الحرارة خلاله.

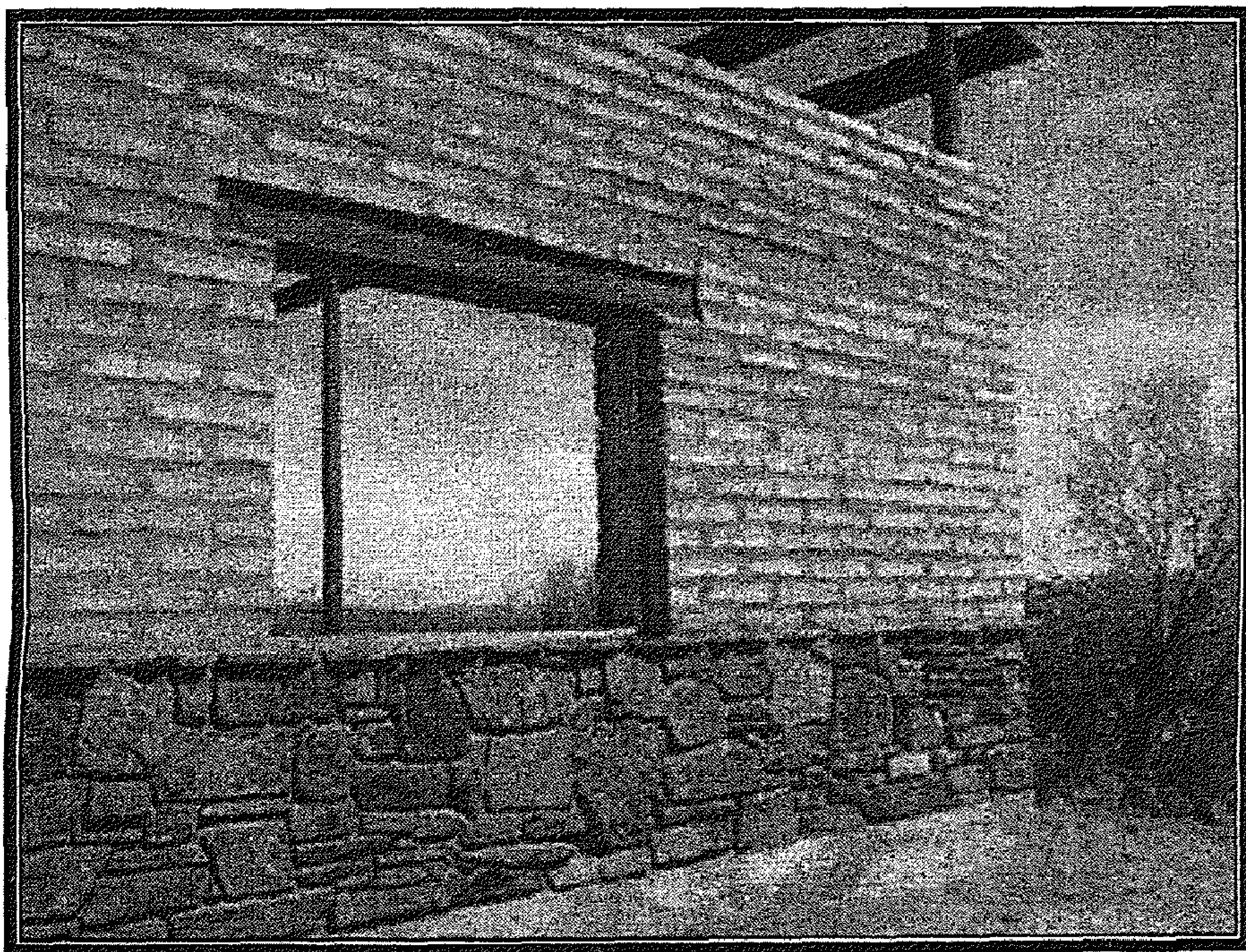
- أضرار الطوب النيئ:

1. حوائط الطوب لا تقاوم الرطوبة ومياه الأمطار.
2. حوائط الطوب النيئ والطين تكون مكان جيد لمعيشة الحيوانات القارضة والحشرات والبكتريا والطحالب وتكاثر وهذا يساعد على انتشار الأمراض في هذه المباني.
3. سهولة تشقق الحوائط بفعل العوامل الجوية المختلفة وهذا يؤثر على شكل المبني.
4. العمر الافتراضي لمباني الطوب النيئ قصير إذا ما قورنت بمباني الطوب الأحمر أو الخرساني.

أما بياض حوائط الطوب النيئ فتعمل عادة من بياض مكون من الطين ثم دهانها بفرشه من الأسمنت اللباني أو محلول الجير المضاف إليه ملح الطعام أو الشبة أو ببوية الزيت وجهين أو ثلاثة. كذلك يمكن استعمال الطرطشة والمصيص على هذه الحوائط وفي هذه الحالة يجب أن يستعمل الشبك المعدني الممد فوق الحائط حتى يثبت البياض عليها.



طوب طيني



ب) الطوب الأحمر:

من أشهر أنواعه المستعملة في البلاد العربية هو الطوب البلدي وضرب سفره وقطع السلك والمكبوس والتيراكوتا وطوب الواجهات والطفلي والمخرم. وتعتمد درجة نوعية الطوب الأحمر على ثلاثة عوامل أساسية:

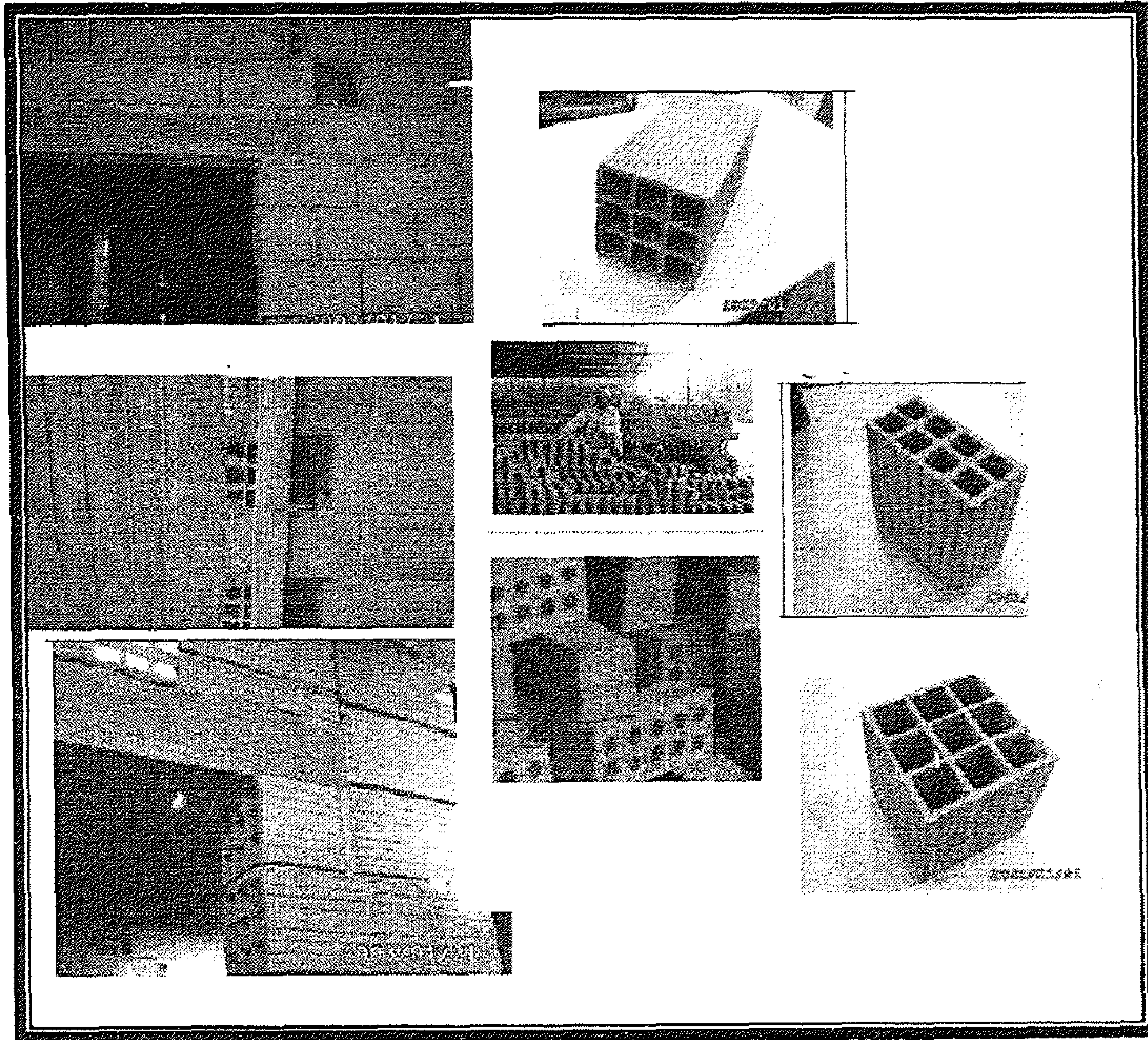
أ. مكونات المواد الكيماوية للأرض الطبيعية المأخوذة منها عجينة الطوب.

ب. تجهيز الأرض الطبيعية وخلطها.

ج. درجات الحرق المختلفة في الفرن.

ويتكون جزيئات الطوب الطيني الجيد كيمائياً من:

- الومينا وهي مادة الطين وبعد خلطها بالماء تعطي لعجينة الطوب سهولة للحرق ولكن عندما تجف تتشقق وتعوج.
- السيليكا وهي مادة الرمل وبخلطها بمادة الألومنيا تعطي صلابة للطوبة وتمنع التشقق والاعوجاج.
- أكسيد الحديد وهي المادة التي تعطي اللون الأحمر للطوب بعد حرقه.
- الكالسيوم لا يفضل وجودها متكلسة في عجينة الطوب كمثل وجود الصدف و القواقع البحرية التي تتحول في عملية حريق الطوب إلي جير حي وعند رش الطوب بالماء للاستعمال تتحول هذه المادة إلى جير مطفي التي يؤدي إلى إضعاف تحمل الطوب.
- الصوديوم لا يفضل زيادته في عجينة الطوب لأن ذلك يؤدي إلى تمليحه وتغطية سطحه ببودرة ملح أبيض.
- المغنزيوم يعطي اللون الأصفر للطوب وزيادته يؤدي إلى تمليح الطوب كالصود يوم.
- مانجنيز يعطي اللون الأود للطوب.
- بوتاسيوم مهم في تكوين خلطة الطوب.



طوب أحمر

أنواع الطوب الأحمر:

1. طوب بلدي

ويصنع هذا الطوب من نفس خلطة عجينة الطوب النيئ السابق ذكره ثم يجفف ويحرق في قمائن. وعادة يكون هذا النوع غير منتظم الأحرف وغير متجانس في الحجم واللون نتيجة حرقه الغير منتظم.

2. طوب الضرب:

يصنع هذا الطوب من طينة جيدة مخلوطة بطمي الأنهار وقليل من ا لرمل والاكاسيد والماء وتسبك في قوالب خشبية ثم تضرب قطعة خشبية لإخراج القالب من فورمته ثم يجفف ويحرق في قمائن أو أفران مجهزة. وعادة يتحمل هذا النوع من الطوب ضغطاً مقداره 30 – 45 كغم/سم^2 وقد يسمي هذا النوع من الطوب نصف سفره نتيجة فصل الفورمة من طوبتها وذلك بضربها على السفرة الخشبية من

ناحية واحدة لاخراج الطوبة أما بالنسبة لضرب سفرة فتضرب فورمة الطوب من ناحيتين وينتج عادة أطوال هذه الأنواع بالمقاسات الآتية على أن لا تتعدي مقاساتها زيادة أو نقصاً عن 5مم في الطول و3مم في العرض و2 مم في السمك.

3. طوب قطع سلك:

يصنع طوب قطع السلك من نفس عجينة طوب الضرب ولكنه يصب ويقطع بماكينات سلك رفيع ثم يجفف ويحرق في أفران مجهزة. ولذلك فهذا النوع من الطوب يعتبر منتظم التكوين والشكل ومتجانس في الحريق وعادة يتحمل هذا الطوب ضغطاً مقداره 100– 400 كغم/سم ^{2} كما أنه مقاساته تكون عادة على النحو التالي:

$5 \times 11 \times 23$ سم

25 x12 x6سم

ويتميز هذا الطوب عن غيره بوجود آثار تجذيعات على الطوبة نتيجة قطعها بالسلك.

4. طوب كبس:

يصنع من نفس عجينة طوب الضرب ولكنه يصب في قوالب تحت ضغط ميكانيكي ثم يجفف ويحرق في أفران مجهزة ويعتبر هذا الطوب أكثر صلابه من الطوب السابق ذكره وأقلهم امتصاصاً للماء كما يتميز بحوافه الحادة وانتظام شكله ومقاساته، كما انه يتحمل ضغطاً مقداره 250 – 600 كغم /م^2 ويكون مقاساته 23 x5 x11و5 أو25x6 x12سم أو حسب الطلب.

5. طوب تيراكوتا:

وهو طوب أحمر مفرغ خفيف الوزن يتراوح وزن المتر المكعب 600– 800كغم. يصنع من مادة صلصالية جيدة يعتبر هذا الطوب مقاوم للحريق والسوس والفئران ولا يتأثر بالمياه أو الكيمأويات. يبني به دائما القواطيع والحوائط القليلة الأحمال. ويوجد منه أشكال ومقاسات كثيرة كالآتي:

x9 19 x19 19سم و30 x5 30x30سم و 30 x20 30x30سم و 30 x9 30 x 30 سم و30 x15 20x20سم.

6. **طوب واجهات:**

يصنع من نفس عجينة طوب الضرب ويصب في قوالب بأحجام خاصة صغيرة تحت ضغط ميكانيكي، وهذا النوع من الطوب يستعمل كسوه للحوائط الأساسية للمباني. وقد يأخذ ألوان مختلفة نتيجة الأكاسيد المخلوطة بالعجينة وقت التصنيع. كما أنه يتحمل ضغطاً مقداره حوالي 180كغم /سم^2.

فبجانب استعمال هذا الطوب لكسوة حوائط المبني فانه يقيها كذلك من العوامل الجوية ويعطيها شكل خاص. ويعتبر استعمال طوب الواجهات في المباني من أنواع إنشاء الحوائط المزدوجة.

ويختلف طوب الواجهات عن الطوب العادي في مواصفاته ففي المناطق القريبة من البحر يشترط أن يكون مقاوم للأملاح والرطوبة والتآكل بينما في المناطق الصحراوية يشترط فيه مقاومته للجو القاري من تفاوت درجات الحرارة والنحر من الرياح المحملة بالرمال وفي المناطق الباردة يقاوم تأثير الصقيع وهكذا. وكثافة ومتانة طوب الواجهات عموماً أكثر من الطوب العادي. أما أبعاده فقد تكون مثل الطوب العادي أو تختلف عنه. والمقاس الشائع منها بحجم 25 x6x6سم أو 23 x4x4سم. وقد يصنع طوب الواجهات من طوب ملبس بالحجر ويكون له أشكال ومقاسات مختلفة أو طوب خفيف قد يصل سمكه إلى 2 سم.

ولما كانت صلابة الطوب المستعمل للواجهات أكثر من الطوب العادي لذلك فهو أسرع توصيلاً للحرارة والصوت ويجب مراعاة ذلك العيب جيداً عند استعماله لتكسبه الحوائط.

7. **طوب طفلي:**

وهو طوب مفرغ بعيون دائرية حيث يصنع من مادة طفليه حيث تطحن هذه الطفله ويضاف عليها مادة كيميائية خاصة وتعجن ثم تشكل القوالب آليا وتحرق في أفران خاصة تحت درجات عالية في المصانع المجهزة لذلك.

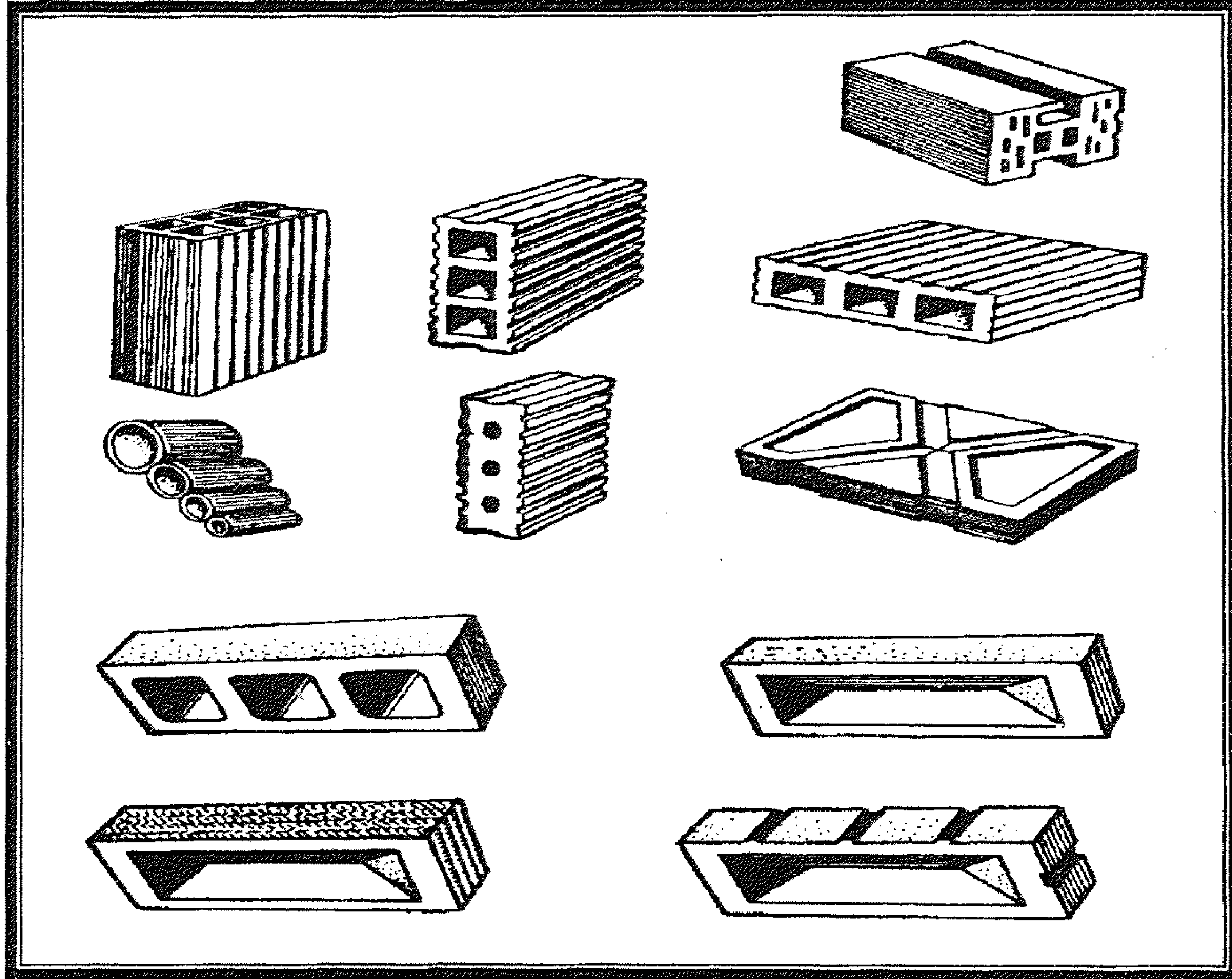
علماً بأن تكاليف إنشاء وتجهيز هذا النوع من المصانع عالي التكلفة بالمقارنة لبعض مصانع الطوب الأخرى كما أن أنتاجه قد يصل إلى 60 مليون طوبة سنوياً. وينتج هذا الطوب بالمقاسات الآتية:

6و25 x12 x5 سم

25 x12 x10 سم

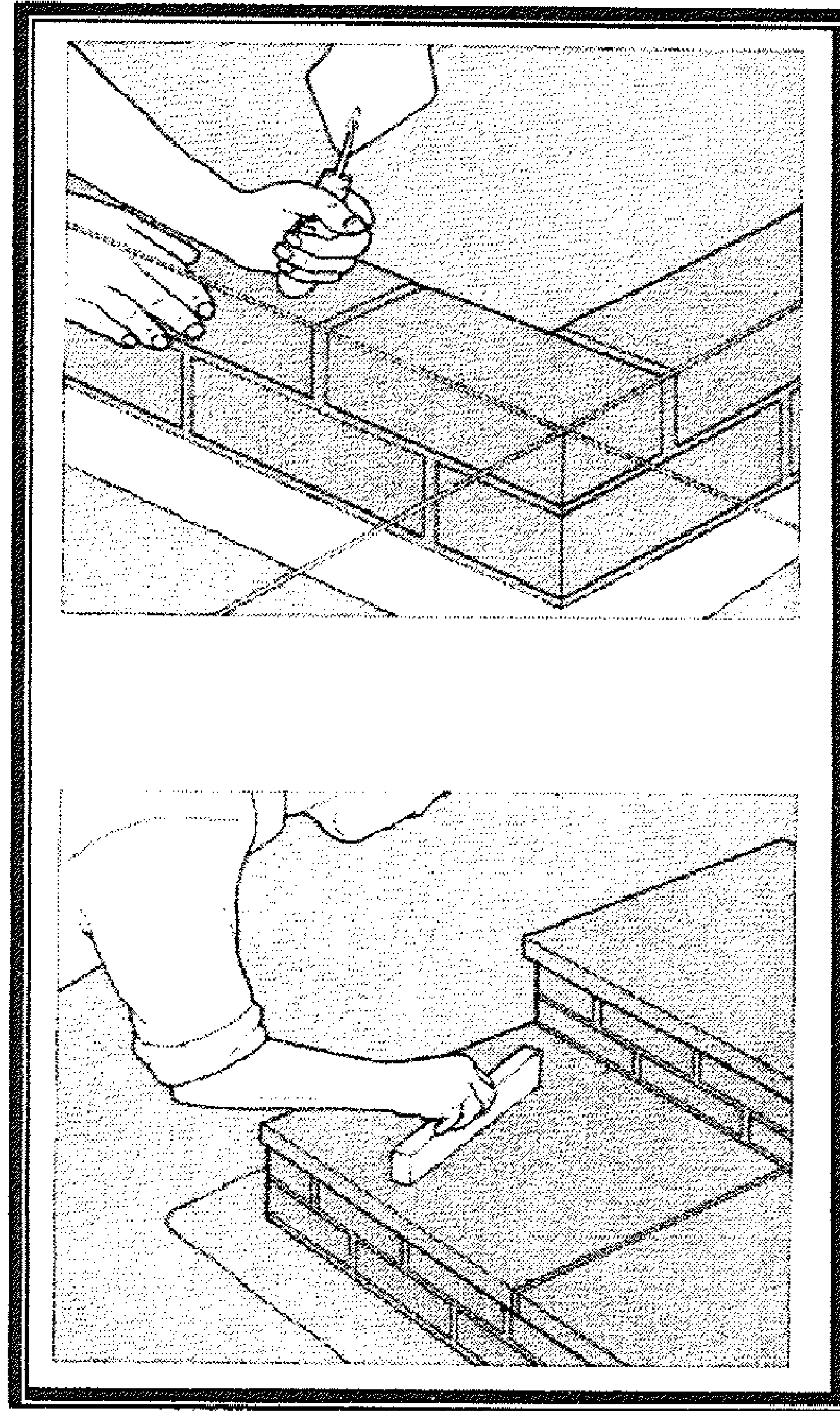
20 x 10 x 5سم

يستعمل هذا النوع من الطوب في بناء القواطع والحوائط التي لا تتعرض لأي أحمال في المباني. ومن مساوئه عدم قبوله التنقيب بالمسمار.



طوب طيني زخرفي

2) الطوب الرملي الجيري:



ويوجد منة نوعان: الطوب الرملي، الطوب الرملي الخفيف:

* الطوب الرملي:

تصنيع الطوب الرملي: بالوزن 90٪ رمل + 10٪ بالوزن جير تخلط بالماء جيدا ثم تشكل تحت ضغط 400 كغمم/سم^2 ثم يترك للتصلد في خزانات بخارية (أوتوكلاف) لمدة من 6– 8 ساعات وفي درجة حرارة مابين 175–210م وضغط بينه 8– 16 تحت هذه الظروف يتفاعل حمض السليسيك (البطئ التفاعل) مع هيدروكسيد الكالسيوم وتنتج هيدرسيليكات الكالسيوم على الغلاف الخارجي لحبيبات الرمل ويحدث ذلك من تلاحم حبيبات الرمل مع بعضها وتتوقف عملية التفاعل هذه بمجرد خروج الطوبة من الاتوكلاف.

أما هيدروكسيد الكالسيوم الباقي في الطوبة يتصل عن طريق الاتحاد مع ثاني أكسيد الكربون الجوى بالطريق المعتادة مكونا كربونات الكالسيوم، ولا ينصح بالبناء بهذا الطوب فور خروجه من الاتوكلاف لان انكماشه يستمر فور تصنيعه.

ويتم تحميل الطوب وتعتيقه على ظهر سيارات النقل بواسطة ونشات للتحميل والتفريغ لنقلة إلى مواقع العمل.

يتم التركيب الطوب الرملي بواسطة المونة العادية (اسمنت + رمل ، وماء) ويستخدم أما في البناء (الطوب المصمت بدون ألوان ثم تغطية بطوب/(تكسية الوجهات) للديكور أو البناء بالطوب المصمت الملون أو البناء بالطوب ذو السطح الخشن والصخري البارز بناء وواجهة في نفس الوقت.

ويستخدم الطوب الرملي في البناء كحوائط حاملة أيضا يراعى في تركيبه الدقة لذلك يستخدم أسياخ الحديد بدل من ميزان الخيط في ضبط رأسية الحائط وذلك لكي لا يحدث أي انبعاجات في واجهة الحائط كي لا يعطى شكلا مشوها.

ومن خواص الطوب الرملي مقاومته للضغط 120– 250 كغم/سم^2 كما انه يعتبر ثقيل الوزن بمقارنته لبقية أنواع الطوب الأخرى فقد يصل وزنة 2طن /م^2 وامتصاصه للماء يقل عن 18٪ وكذلك مقاومته للانحناء تقل عن 30/سم^2 ويمكن إنتاج طوب رملي خفيف(light sand bricks) بنفس الطريقة المذكورة إلا أن الخلطة يضاف إليها مواد نافخة لأحداث مسامية به حيث يضاف مسحوق معدن الألومنيوم إلى الرمل الناعم والجير المحروق وأحيانا بدلا من الرمل يستخدم إما رماد الميكا أو خبث الأفران أو الرماد الطائر (fly ash).

الخواص والمميزات:

يتميز الطوب الرملي بما يلي:

1. جاذبية السطح والمظهر الخارجي يغنى عن البياض.

2. ثبات الأحجام واستقامة الحواف يضمنان المظهر المعماري الممتاز للمبنى.
3. المقاومة العالية والعازلة للحرارة.
4. قوة تحمله للضغوط مما يجعله انسب المواد التي تصلح كحوائط حاملة.
5. صلابة السطح ونعومته اقل تأثرا بالكشط والأتربة.
6. يقبل الدهان والعزل المسمار والبياض والقطع والثقب.

الخواص السلبية:

هناك بعض العيوب التي يتصف بها الطوب الرملي وهي:

1. مقاومته المنخفضة للضغط.
2. شدة ميوله للانكماش.

وتجدر الإشارة أنه يتم صيانة الطوب الرملي بعد تركيبه وذلك بمعالجة الأسطح الخارجية للوجهات بالمواد الكيمائية اللازمة للإتمام العزل أو لظهور الأسطح بشكل أكثر لمعانا وثباتا لبعض الاستخدامات الخاصة.

مثال: منع امتصاص الماء (الرطوبة) تماما.

ويمكن إنتاج ألوان منة مثل الأبيض الطبيعي والصفر والأحمر والذهبي والأخضر.

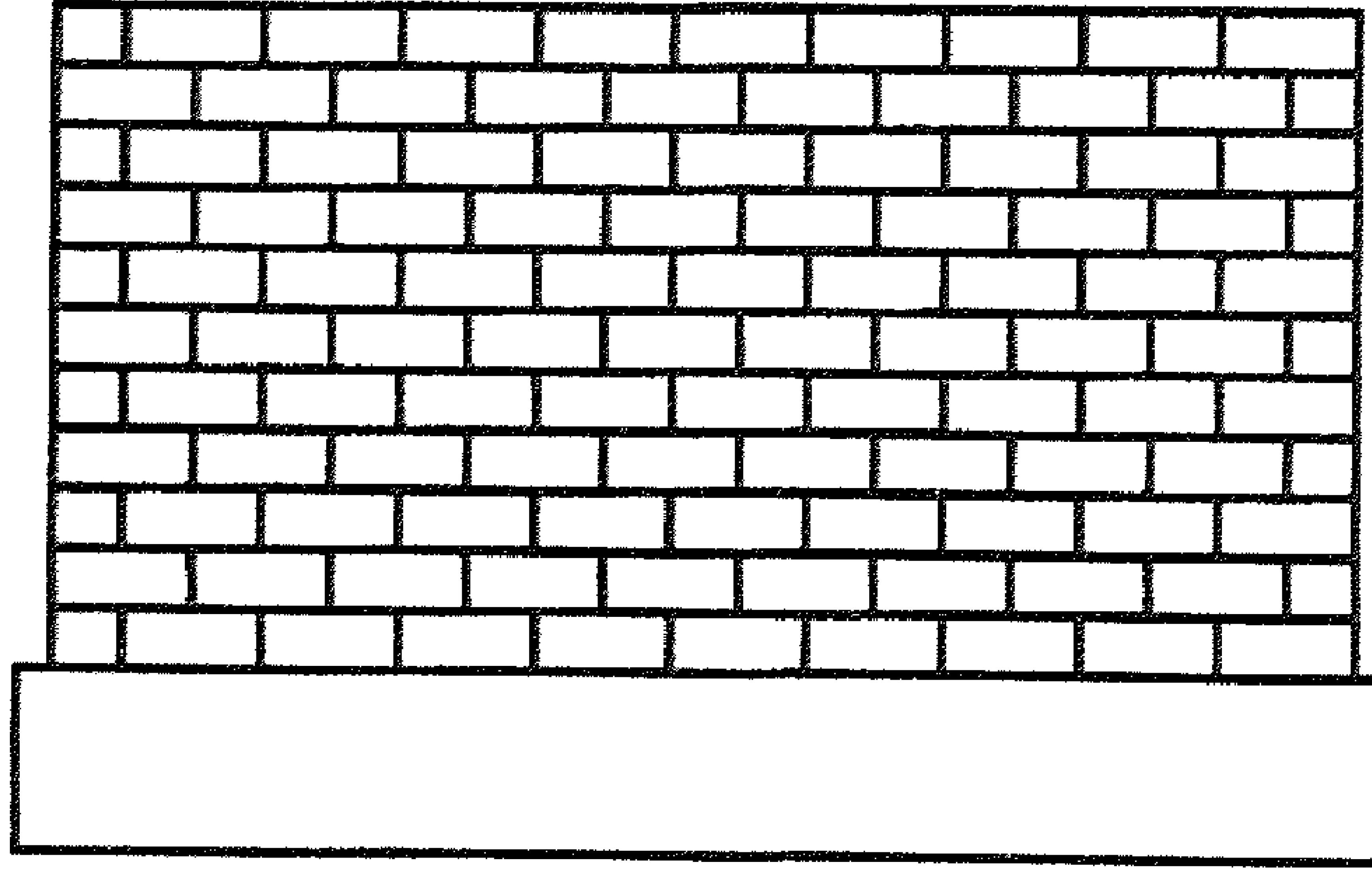
* الطوب الرملي الخفيف:

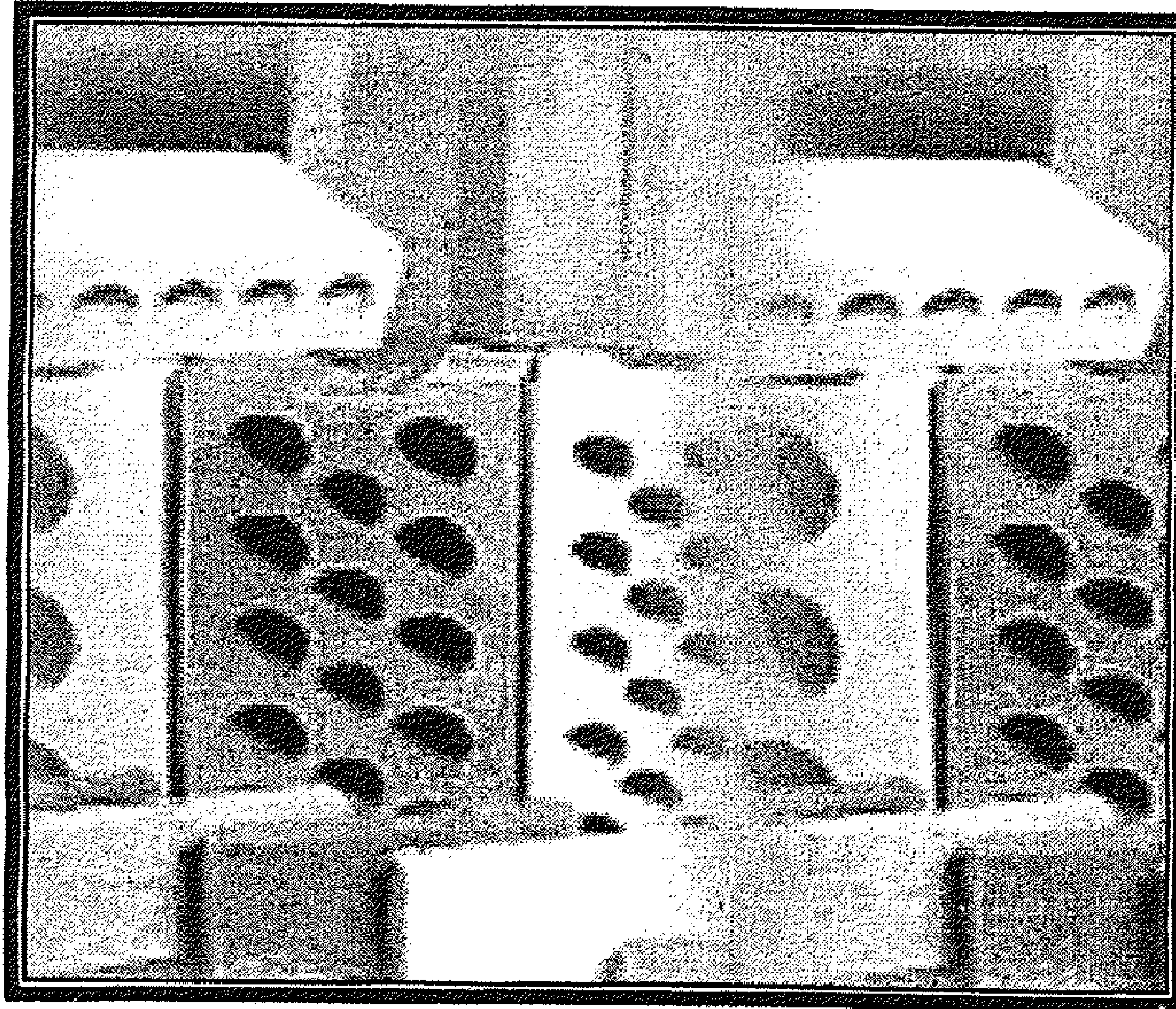
تحدث له عملية التصلد بنفس الطريقة إلا أن الخلطة يضاف إليها مواد نافخة لإحداث مسامية حيث يضاف مسحوق الألومونيوم إلى الرمل الناعم والجير المحروق وأحيانا بدل من الرمل يستخدم رماد الميكا أو خبث الأفران أو الرماد الطائر.

الخواص والمميزات:

1. خفيف الوزن.
2. كثافته 600- 650 كغم /م^3.
3. قوة تحمل عالية.
4. مقأوم للحرارة.

5. عازل حراري متكامل.
6. مقأوم للزلازل.
7. سهل التشكيل.
8. يحتوى على مقاسات متعددة.
9. معدلات الأداء والإنجاز سريعة أي موفر للوقت.
10. عند بل الطوبة قبل البناء تعطى الطوبة متانة اكبر.
11. يستخدم معه المونة العادية أو المخلوطة بالجير.
12. لا يحتاج إلى المونة كبيرة.
13. عازل جيد للصوت.





طوب جيري

3) الطوب الخرساني:

يصب الطوب الإسمنتي في قوالب معدنية خاصة بواسطة الرجاجات الآلية ولا يقبل الطوب إلا إذا كان جيد الصنع نسبة الخلط مناسبة وحوافه صحيحة وجفافه مناسب.

يوضع الطوب بعد صبه في مكان رطب لمدة لا تقل عن عشرة أيام ليسقى خلالها في الماء ليبقى رطباً، ويمكن استخدامه بعد 28 يوم من صبه، ويمكن عمل تجارب على الطوب وفحصه لمقاومة الكسر حيث يكون تحمل الطوب المفرغ حوالي 20 كغم/سم^2 من مساحته وحوالي 35 كغم/سم^2 من مساحته للطوب المملوء.

ونسبة الخلط في صناعة الطوب هي (9:1) وقياساته يجب أن تكون منتظمة في جميع الزوايا ويمكن الزيادة والنقصان بمعدل (+ -) 2- 3ملم.

مواصفات الطوب الإسمنتي:

أ. يجب أن يكون الركام من نوع جيد وتكون نسبة الحصى للرمل في صناعة الطوب (40٪: 60٪).

ب. تكون نسبة الإسمنت إلى الركام في الطوب العادي (9:1).

ج. يصب الطوب ويستخدم بعد 28 يوم لاكتمال الصلابة والقوة.

د. أن تكون قياسات وأبعاد الطوب متساوية ومنتظمة.

ه. يتحمل الطوب المفرغ (20كغم/سم^2) من المساحة السطحية ويتحمل الطوب المملوء (35كغم/سم^2).

و. يجب أن تكون الطوبة حوافها صحيحة وخالية من الشقوق والتكسر.

وتجدر الإشارة أن هذا النوع من الطوب الأكثر استخداما في ويصنع من الاسمنت والرمل والحصمة السمسمية ويثقل وزنه نوعا ما إذا استخدم فيه الركام العادي ويخف وزنه إلى النصف إذا استخدم الركام الخفيف التي ينتج حجر الخفاف.

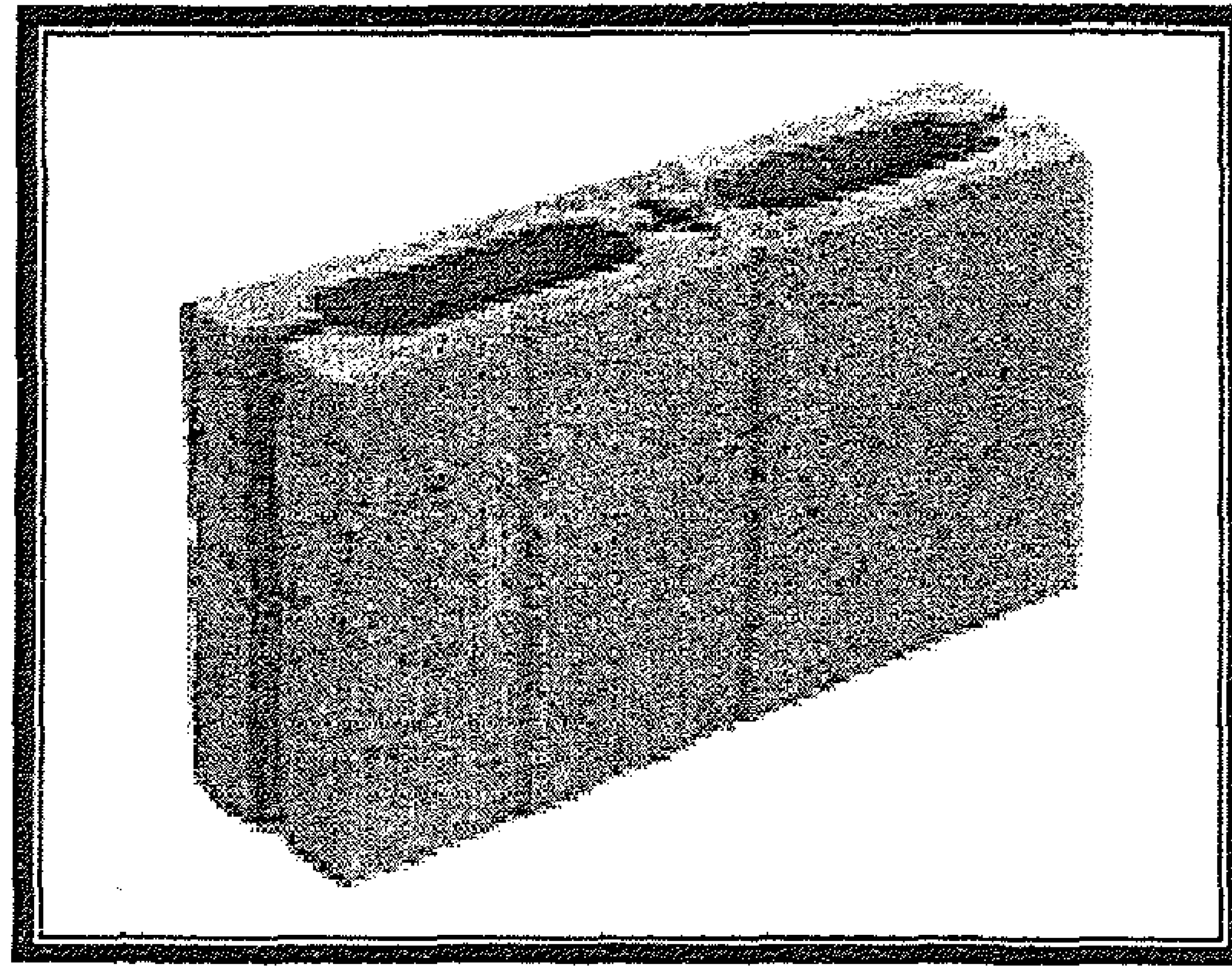
ويوجد منه ثلاثة أنواع:

أ. الطوب المصمت Solid Block:

وهو طوب لا يحتوى على فراغات داخلية سوى فتحتان دائريتان بقطر cm10 لكل منهما، وكان يستخدم قديما في بناء الجدران الحاملة حيث لا تقل مقاومته للكسر عن 70 كغم/سم^3 ولكن قل استخدامه حتى أصبح نادرا للأسباب التالية:

1. ثقل وزنه و تكلفته العالية.
2. عزله للرطوبة (حجز الرطوبة الداخلية لفترة طويلة).
3. صعوبة تنفيذ التمديدات الصحية والكهربائية عبره.

والمقاسات التي وجدت منه20 × 20 × 40 : سم و 40 × 20 × 15 سم.



ب. الطوب المفرغ hollow block:

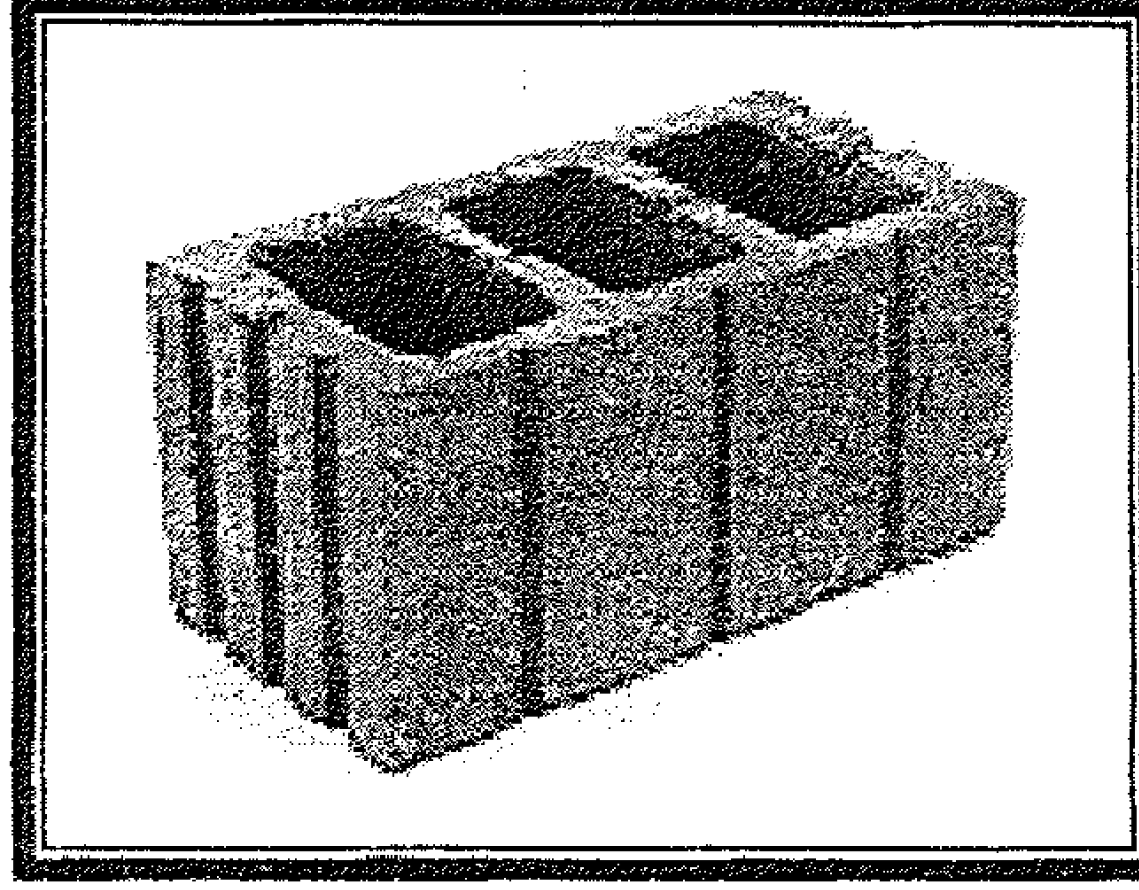
وهو الطوب التي يحتوى على فراغات أو ثقوب مشكلة صناعيا.

وينقسم إلى نوعين:

1. **الطوب المفرغ الخفيف:**

يكون وزنه خفيف جدا بالنسبة لدمكه وخلطه، ويعزو هذا لنوع الركام المستخدم إذ يحتوى على نسبة فراغات عالية، ويستخدم هذا النوع من الطوب في حالات خاصة نظرا لارتفاع ثمنه، ومن حالات استخدامه:

- رسوب بعض المواد المكونة للمنشأ في احد الفحوصات.
- إضافة أحمال دون أخذها بعين الاعتبار في التصميم.
- وجود مسافات عالية في السقف.



2. الطوب المفرغ العادي:

وينقسم الطوب المفرغ العادي إلى عدة أنواع حسب أبعاده والموضحة في الجدول التالي:

L 40 40 40 40 40 40.

W 20 20 20 20 20 20.

T 20 15 10 12 7 4.

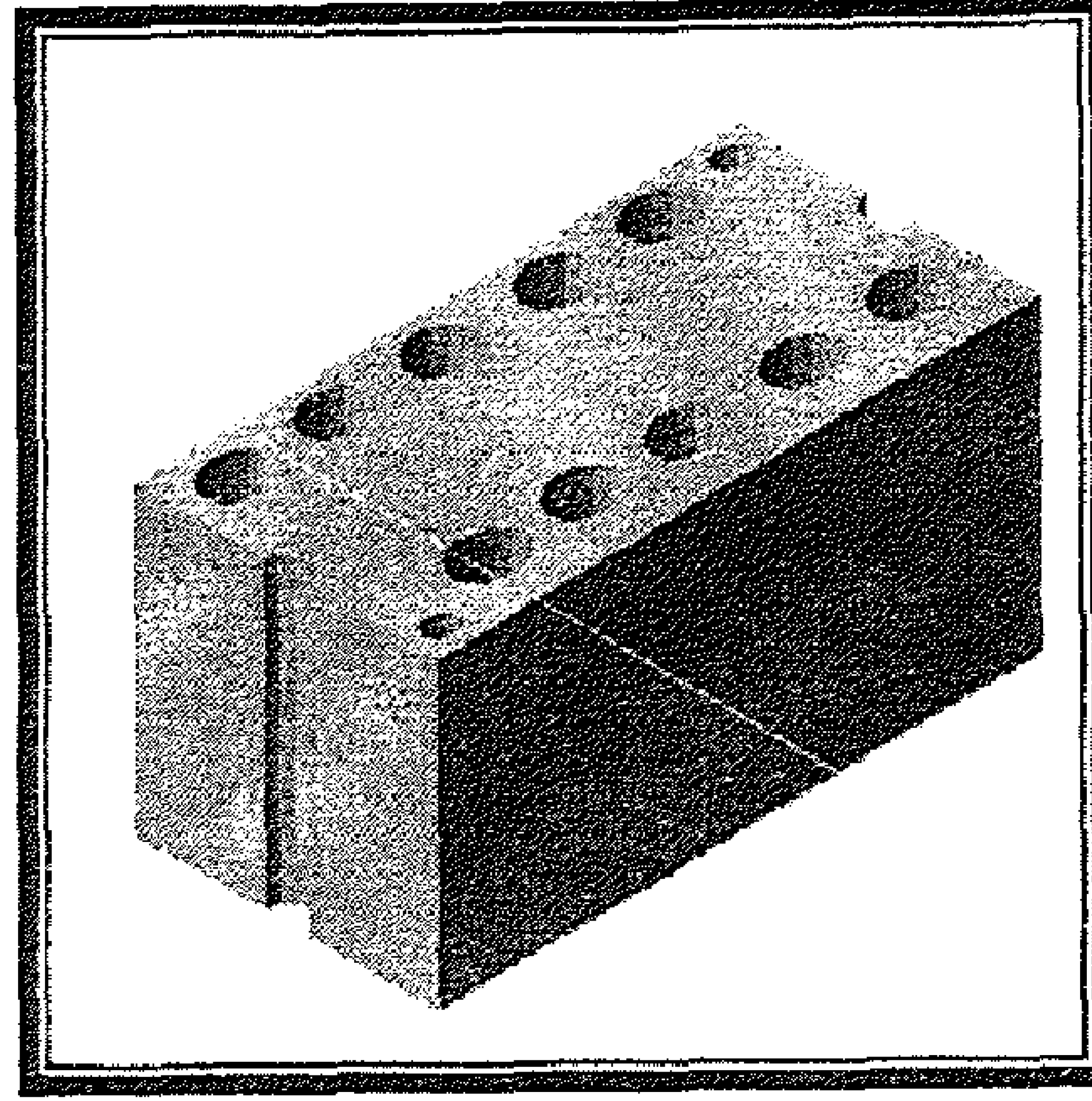
طوب 20 (يستخدم لبناء الجدار الخارجي أو لنواحي معمارية).

طوب 15 (يستخدم لبناء الجدران الخارجية والداخلية).

طوب 12 (يستخدم في التقطيع الداخلي).

طوب 10 (يستخدم في التقطيع الداخلي).

طوب 4 (ويستخدم في حالة الشبابيك المنزلقة).



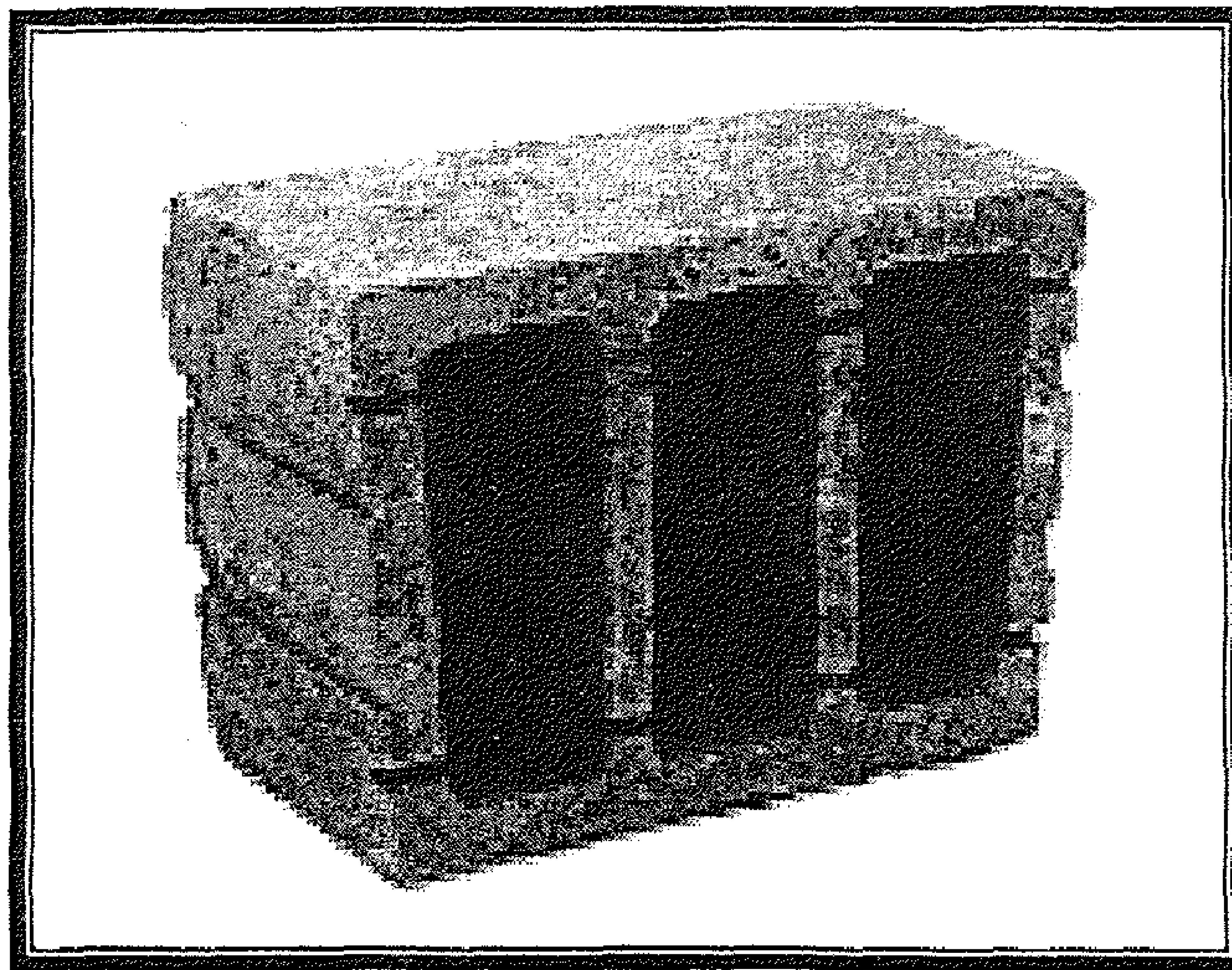
3. **طوب السقف (الريبس):**

وهو احد أنواع الطوب المفرغ العادي وتصنع إبعاده وفقا لاستخداماته حيث يستخدم:

الطوب التي إبعاده 25× 40 ×24 في حالة المنشات التي تكون المسافة بين أعمدتها كبيرة نسبيا وبالتالي سماكة أسقفها تزداد مثل المساجد والصالات.

الطوب التي أبعاده 20 ×40×25 في حالة الأسقف ذو ال 30 cm سماكة.

الطوب التي أبعاده 14×40 × 25 و 17× 40 ×20 فيحالة الأسقف ذو ال 25 cm سماكة وهو الشائع في المنشات السكنية البسيطة.



ج. طوب الحولسترا Grill Block:

وهو طوب مفرغ ذات أشكال هندسية متنوعة ويستعمل لأعمال الديكور.

فحص الطوب الاسمنتي:

1. فحص فيزيائي ويكمن في:

- الخلو من الطين والفحم.
- توحد اللون.
- تجانس الملمس ويفضل أن يكون خشن كي يسهل الالتصاق بطبقة القصارة، أما في حالة الحجر التي لن يأتي فوقه طبقة قصارة يفضل أن يكون الملمس الخارجي ناعم.
- انتظام الأبعاد كما هو مطلوب في المواصفة والتأكد من توازى أوجهه المستوية، والتأكد من تعامد الأوجه الداخلية له مع جوانب الضغط.
- الخلو من الشقوق والكسور وعيوب الشكل أو أي عيوب تؤثر على قوة الطوب.

2. فحص مخبري ويكمن في:

- قوة التحمل (مقاومة الكسر) ويجب الا تقل قوة التحمل عن 35 كغم/سم^2.
- الوزن الفراغي (فحص الامتصاص) بحيث يجب أن لا يزيد وزن الطوبة عن الوزن الافتراضي.

صناعة الطوب الأسمنتي:

أولا: تصنيع الطوب الخرساني:

تخزن المواد الخام لهذا الطوب في المصنع حيث تتكون هذه المواد من الرمل والاسمنت وكسر الحجر الجيري مقاس.5 × 1 سم مع الرمل بنسبة 2:1 ثم يضاف إليهم 300 كغمم اسمنت لكل متر مكعب من الخلطة مع إضافة الماء اللازم في خلاط المصنع.

ثم تدفع هذه الخلطة عن طريق فتحة سفلية من خلاط المصنع إلى العربة الناقلة الخاصة "دامبر" ومنها إلى قمع عربة ماكينة التصنيع الطوب الخرسانية.

وعلى ذلك نجد أن خليط الخرسانة يستقر بالحلة الموجودة أسفل العربة والتي تتحرك أفقيا ورأسيا عن طريق ذراع مثبت بها إلى المكبس الملحق بالعربة لصب وكبس الخرسانة في 10 فورم حديدية يخرج منها 10 طوبات مرة واحدة حيث تضعهم الماكينة بلطف على الأرض الأفقية المجهزة لهذا الغرض تحت العربة.

أما باقي خلطة الخرسانة الموجودة في الحلة فترجع اتوماتيكيا لأخذ الخرسانة الموجودة في القمع ثم ترجع مرة أخرى إلى المكبس لكبس 10 طوبات أخرى وتركهما بجانب الطوبات الأخرى وهكذا يسير العمل لصب الطوبات الأخرى.

وتترك بعد ذلك لمدة 24 ساعة ثم تنقل لمكان تخزينها أو بيعها لإتمام عملية الجفاف مع مدأومة رشها بالماء لمدة لا تقل عن سبعة أيام متواصلة بعد ذلك.

ويجب مراعاة أن لا تقل مدة التجفيف عن أربعة أسابيع تحت ظروف الجو العادية قبل استعمالها حتى تعطى قوة الضغط.

مقاومة الكسر:

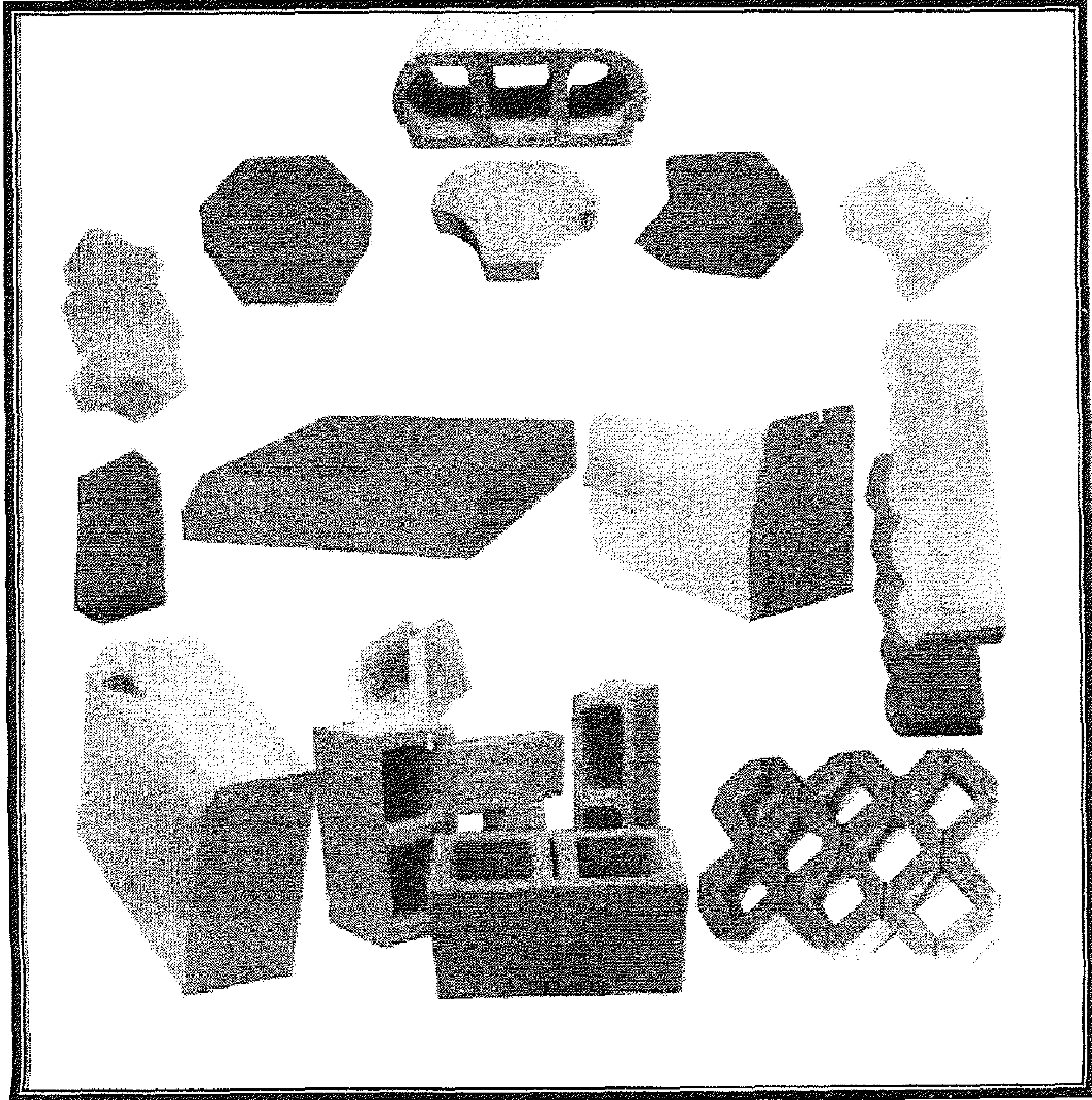
الطوبات الخرسانية المفرغة 25كغم/سم^2.

الطوب الاسمنتي المصمت 70كغم/سم^2.

ويمكن تسريع عملية التجفيف في الموقع باستخدام بعض الطرق المساعدة المخصصة لهذا الغرض.

كذلك يمكن بنفس الطريقة المذكورة في تصنيع الطوبات الخرسانية تغيير الفورم الحديدية المثبتة في ماكينة الصب لتصنيع أنواع وأشكال أخرى من هذا الطوب الخرساني المصمت كما يمكن عمل بلاطات رصف الممرات أو بوردرات الرصيف الخرسانية بهذه الطريقة أيضا.

وتستعمل عادة الطوبات الخرسانية المفرغة في بناء الحوائط والجدران والأسقف كما يمكن الحصول على حوائط عازلة للحرارة من هذه الطوبات بعد ملئها بالمواد العازلة مثل الفيبر ميكوليت أو البير ليت أو الفوم.



أشكال مختلفة للطوب الإسمنتي

ثانيا: طوب الخفاف (الايتونغ):

هو طوب خفيف الوزن مقارنة مع باقي الأنواع كما انه عازل جيد للصوت والحرارة وذلك بكفاءة تعادل 6 أضعاف كفاءة الحجر الخرساني، ويحتاج سطحه لمعالجة خاصة عند إضافة طبقة القصارة، ويستخدم في الجدران والأسقف لتخفيف الوزن على الأعمدة والقواعد حيث يبلغ وزنه 400 – 500 كيلوغرام على المتر

المكعب، إضافة إلى ذلك فهو يتحمل درجات حرارة تصل إلى 1200 °C لمدة 3 ساعات، وجدير بالذكر انه غالى الثمن.

ثالثا: الطوب الحراري (السيليكا):

وهو طوب مستورد في الغالب (ايطالي) يصنع من رمل السيليكا ذو لون ابيض بأبعاد 40× 20 × 7 سم من نفس المواد المستخدمة في الطوب المفرغ العادي ولكنه مصمت ويستخدم في بناء الأقواس والديكورات كما يستخدم المصنوع من رمل السيليكا في بناء الأفران حيث يتحمل درجات حرارة عالية، ويتم استيراده بالكوب حيث يحتوى الكوب على 96 بلوك. يصنع من الطين الناري (47 – 74٪سيلكا، 19 – 39الومنيا) ومنه الطوب الحراري الحمضي السيلسي والقاعدي المنجنيزي، المتعادل.

وتسمى الخامة امبر كاب وتصب عجينة الطوب في قوالب خاصة تحت ضغط ميكانيكي ثم تجفف وتحرق في أفران خاصة بدرجة حرارة عالية. ويستخدم مثل هذا الطوب في بناء الدفايات والأفران والأماكن التي تتعرض لحرارة مستمرة وشديدة بين 1650 إلى 1750 درجة مئوية.

ومقاساته 25×12×6 أو 23 × 11 × 5.5 سم أو حسب الطلب.

استخدامات الطوب الحراري:

يستخدم الطوب الحراري في تبطين المداخن والأفران عالية الحرارة مثل الحديد والصلب ومصانع الاسمنت ومصانع الطوب الحراري ومصانع الطوب الطفلى وشركات البترول وشركات السكر وفي صناعة المسبوكان وغيرهم من الشركات الأخرى.

تبطين حراري للأفران الخاصة بمعالجة المعادن وكذلك أفران التجارب بالمعامل بالشركات

ويستخدم طوب خاص لمقاومة الأحماض بإشكال ومقاسات وأنواع معينة كما يستخدم الطوب احراري في أعمال الأفران الكهربائية.

كما يستخدم الطوب الحراري في أعمال الدفايات التي تعمل بالخشب كما يستخدم الطوب الحراري في أعمال الشويات وكذلك في أعمال أفران البيتزا الايطالي.

وكذلك توجد أعمال خاصة في الحراريات تستخدم فيها ألياف حراري الطوب الحراري. يوجد طوب حراري.

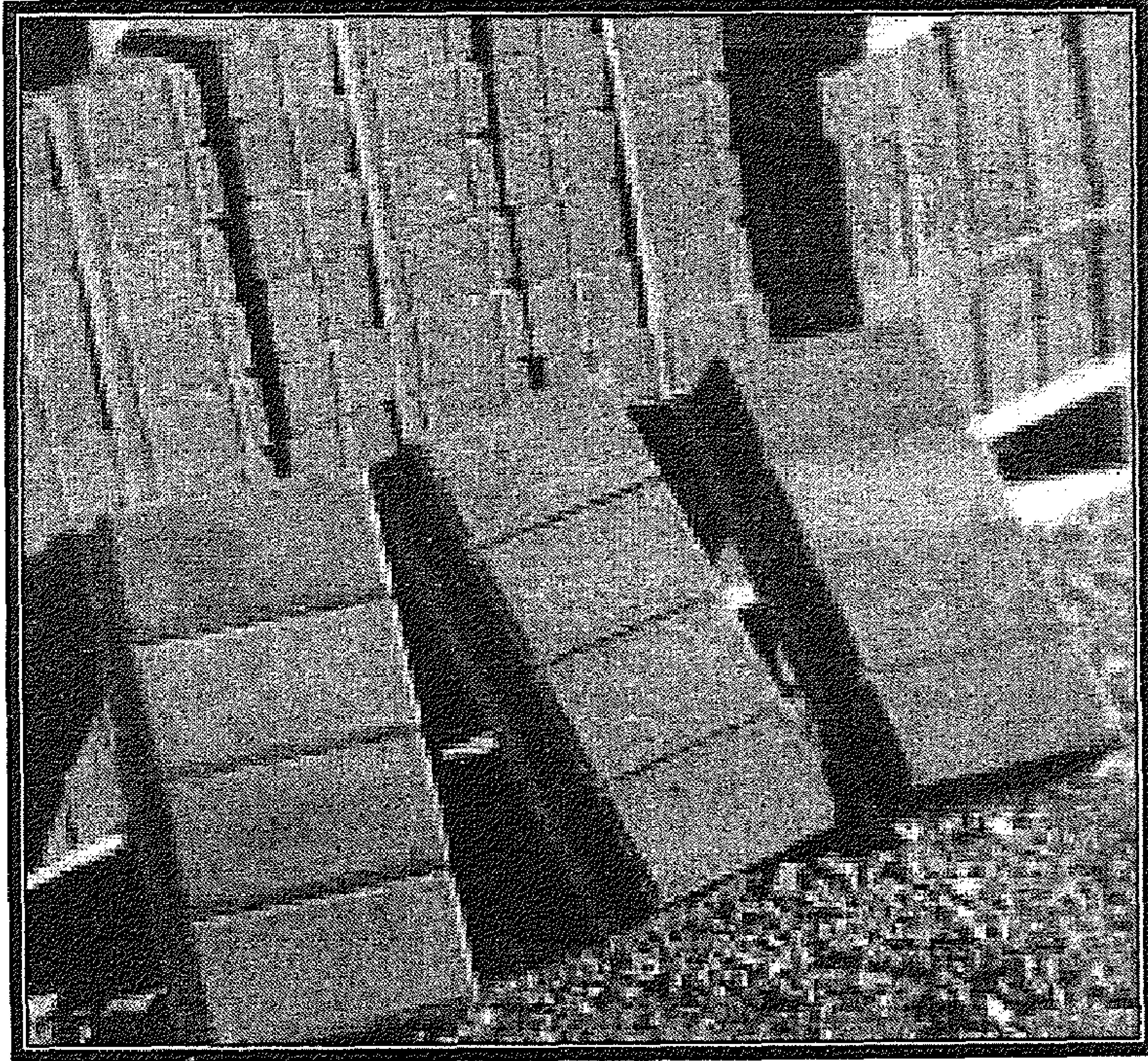
طوب يستخدم حتى درجة حرارة من 800 – 1000 درجة.

طوب يستخدم حتى درجة حرارة من 1000– 1400 درجة.

طوب يستخدم حتى درجة حرارة من 1400– 1600 درجة.

ويوجد طوب خاص جدا حراريات قاعدية.

طوب كروم ومنجزيت كروم حتى درجة 1800 درجة.



طوب حراري

رابعا: الطوب الزجاجي:

وهو طوب مصنوع من الزجاج ومنه أشكال مختلفة منها الشفاف ومنها المزخرف وأبعاد مختلفة يشتهر منها x19x19 cm8 و x20x20 cm7 ويستخدم في بناءه المونة من الاسمنت الأبيض والكوارتز ويستخدم أيضا في بناءه أسياخ حديد بقطر 6 mm مضاد للصدأ ومن أهم مميزاته:

- يعطى منظرا رائع الجمال.
- يعطى إضاءة جميلة عن طريق نفاذ الضوء منه.

وتجدر الإشارة أنها تصنع من نصفين متلاصقين تحت ضغط وحرارة مرتفعين ويعمل كل نصف من زجاج عديم اللون ونقي ومفرغ من الهواء جزئيا وتكون أحرفة منتظمة قائمة الزوايا والأسطح الجانبية مقعرة لتكوين تعشيقه بين الطوبات وتتراوح مقاساتها بين 20×20×10 و 15×15×10.

وتستعمل الطوبات الزجاجية في القواطيع الداخلية وواجهات المباني والمكاتب والمستشفيات...

ويمكن ربط الطوبات الزجاجية بالمباني باستعمال الأربطة الخاصة كل أربع مداميك على الأكثر وذلك بربطها في الحوائط بواسطة سلكين من الحديد المجلفن قطر 3مم حيث يدخل في اللحامات الأفقية والراسية للطوبات الزجاجية على أن يربط السلك في الحوائط والأرضيات المحيطة بها بمقدار 10سم ويفضل أن تدهن الحوائط والأسقف والأرضيات المذكورة وجها واحدا بمحلول البيتومين الساخن قبل البناء.

- ترص قوالب الطوب مع بعضها من ناحية جوانبها المقعرة وتكون العراميس منتظمة في الاتجاهين الأفقي والرأسي وبسمك لا يزيد عن 6 مم تملا بالمونة من اسمنت وجير ورمل مع العناية بملأ اللحامات.
- ترص قوالب مع بعضها من ناحية جوانبها المقعرة وتكون العراميس منتظمة في الاتجاهين الأفقي والرأسي وبسمك لا يزيد عن 6 مم تملآ بالمونة من أسمنت

وجير ورمل مع العناية بملء اللحامات جيدا . و تفضل المونة اللينة المانعة لنفاذ المياه بإضافة إضافات سائلة مانعة للرطوبة.

- يجب وضع طبقة من اللباد السميك أو الفلين أو الصوف الزجاجي في مواقع اتصال الحائط بالعناصر المحيطة به لحمايتها من خطر التشقق نتيجة ترييح السقف أو التمدد . ويكون حوالي 12 مم بدون المونة.
- يتحمل الحائط من الطوب الزجاجي المفرغ وزنه في الأحوال التي لا يزيد طوله عن 6متر وارتفاعه عن 4متر وبحيث لا تزيد مساحه الحائط عن12م2 ويكون سمك الطوب في حدود1/25 من الطول أو الارتفاع أيهما اكبر وذالك في حاله التعرض لضغوط الرياح العادية الخفيفة وفي حاله زيادة الأبعاد أو التعرض لرياح شديدة يجب التحقق من تحمل الحائط.

طريقة البناء بالطوب الزجاجي glass brick:

1. عند البناء بذلك الطوب يجب ألا يرتكز عليها أحمال ويكتفي بوزنها فقط وأن تكون القوالب مفصولة وغير متلاصقة وذلك لتمددها .
2. يجب تنظيف أوجه الحوائط الأربعة التي سيبنى فيها الطوب الزجاجي من الأتربة.
3. دهان تلك الحوائط الأربعة بعد التنظيف بماده عازله للرطوبة.
4. تربط المباني الطوب الزجاجي في الحوائط المجاورة بواسطة سلكين من الحديد المجلفن تكون المسافة بينهما حوالي 5سم وتحفظ تلك المسافة بواسطة أسلاك عريضة كل 25سم ملحومة جيدا بالكهرباء ويوضع هذا الرباط على سطح الطوب وبين المونة كل 4 مداميك من الحائط ويربط هذا الرباط مع الحوائط المجاورة بطول 5سم بعد تجنيشها في الحوائط المجأورة أو لحامها بالكهرباء إذا كان الإطار المحيط بها من المعدن.
5. في الحوائط التي تزيد مساحتها عن 13 م^2 أو يزيد ارتفاعها أو عرضها عن 6م يجب أن تقسم الحوائط بواسطة مجارى وزوايا حديد مع دهان وجهين سيلاقون وثلاثة أوجه ببويه الزيت باللون المطلوب وتكون البويه من النوع المانع

للصدأ أو من قطاعات مناسبة من الالومنيوم حسب الرسومات التفصيلية وذلك بالنسبة إلى الحوائط الخارجية.

6. يحاط الحلق المعدني بمادة عازلة قابلة للانضغاط في حدود 50٪ من حجمها الأصلي وتكون غالبا سمك 3|8 إلا إذا أوصى بغير ذلك

7. بالنسبة إلى جلسات الفتحات يجب عمل تلك الجلسات بحيث يسمح للطوب الزجاجي بحرية الانزلاق في حالة التمدد والانكماش

8. في الحوائط الداخلية يجب استعمال اللباد السميك أو الفلين في مواضع الاتصال وحول إطارات الشبابيك أما في فواصل التمدد وفي رؤوس الحواجز (القوا طيع) فيجب ألا يكون اللباد المستعمل أقل من 1|4 حتى لا يحدث ترخيم في الأسقف.

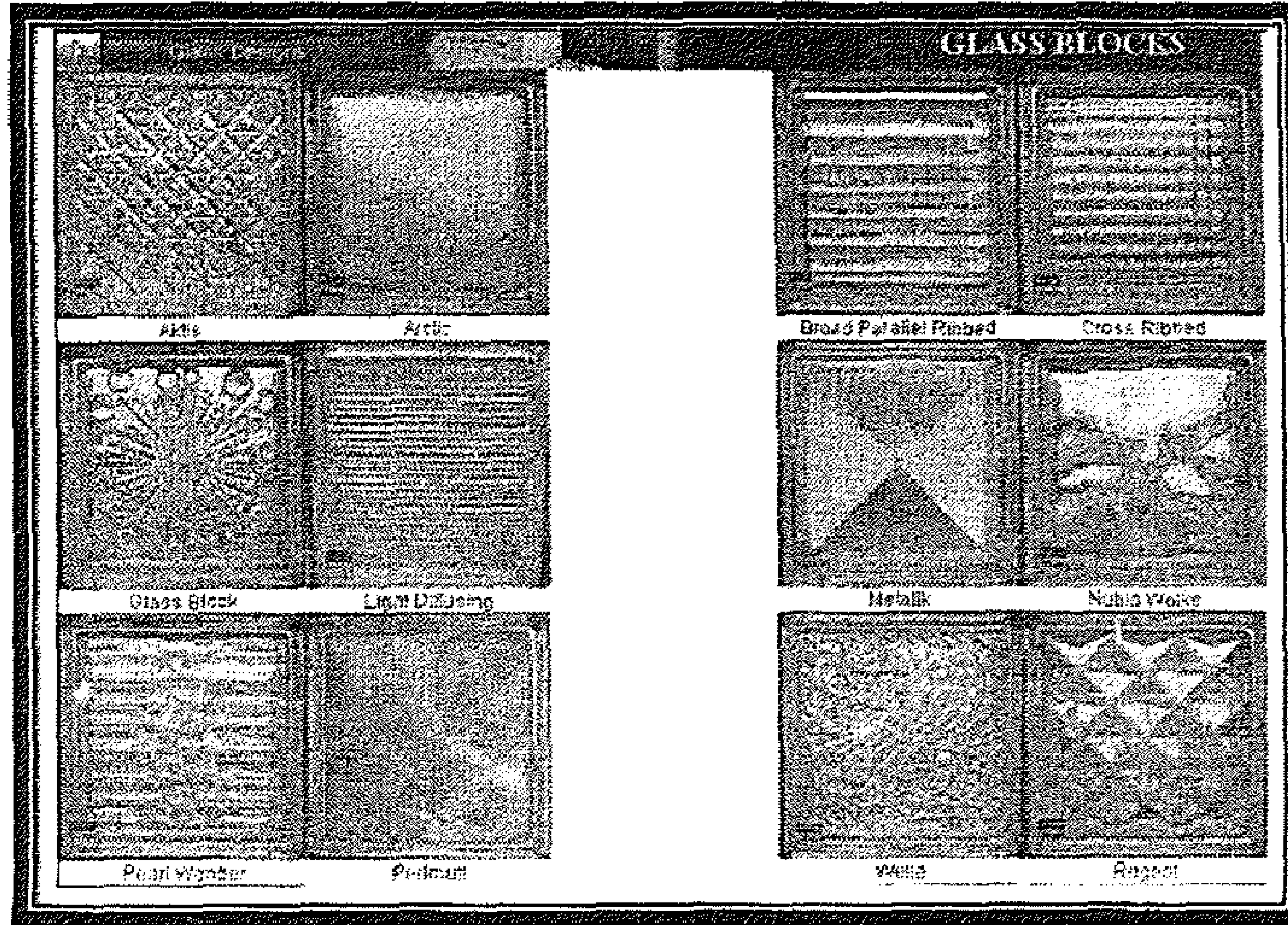
9. يجب تقسيم المساحات التي ستبنى بحيث لا يزيد مسطحها عن 13 م مربع للجزء الواحد.

مميزات الطوب الزجاجي:

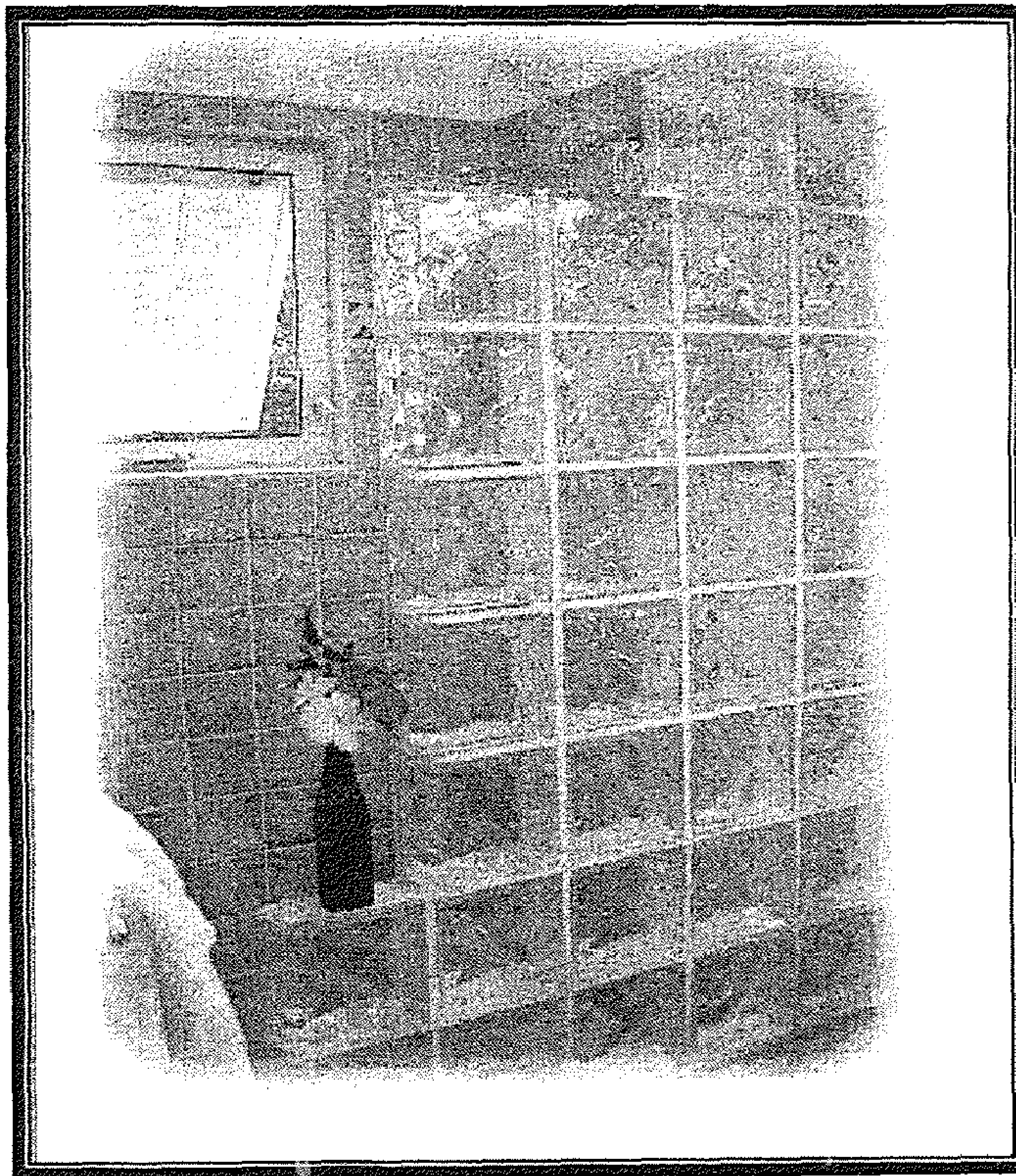
- يكون بمقاس 20×20×10 سم تستخدم كقواطع وأسقف وديكور وحوائط.
- يوجد منه عده ألون وحوائط.
- يوجد منه عده ألون جذابة.
- يتم استخدام سلك مجلفن في العراميس مع المونة لربط الطوب الزجاجي.
- المونة المستخدمة 350 كجم أسمنت أبيض/م^3 بودرة خليط ناعمة وخشنة (بودرة حجر جيري).
- في حالة البناء بالطوب الزجاجي لارتفاع أكبر 4م يتم عمل كرة حديد كرباط.
- في حالة استخدام البلاط في الأسقف يتم رص الطوب على الشدة ويوضع بينهما أسياخ 6مم ثم صب الأعصاب كنظام الريس hollow block.

ومن عيوبه:

- ثقيل الوزن.
- صعب البناء حيث تأسس له شبكة حديد داخل الجدار.



طوب زجاجي



طوب زجاجي

اصطلاحات وتعاريف البناء:

- طوبة بطيح: يقصد وضع لطوبة في مباني الحائط منبطحة أو راقدة على بطنها في وضع وتظهر بواجهة ارتفاعها 6 سم وطولها 25 سم.
- كورنيش: بروز في الحائط في أعلي واجهة المبني أو جزء منه أو من الحائط.
- طوبة طبانة القصد به وضع الطوبة في مباني الطوب منبطحة أو راقدة على بطنها في وضع وتظهر بواجهة ارتفاعها 6 سم وعرضها 12 سم لقطة، مدة أو سيخ بطول معين يتكرر استعماله للتحقيق من تساوي أبعاد متساوية ومتكررة بالمبني.
- طوبة على يفها: يقصد بها طوبة توضع على جنبها وقد تسمي طوبة (سكينة) وتظهر بواجهة ارتفاعها 12سم وعرضها 6 سم.
- وسادة مخلط: كتلة متينة توضع بالمياه في توزيع أحمال مركزة على الحائط.
- طوبة لميع: يقصد بها طوبة أدبة ترقد على جنبها وتظهر بواجهة ارتفاعها 12 سم وعرضها 25سم.
- مدماك: صف واحد أفقي مباني الطوب شامل طبقة المونة (عادة أسفله).
- طوبة على رأسها: يقصد بها طوبة أدية ترقد على رأسها وتظهر مواجهة ارتفاعها 25 سم وعرضها 12 سم.
- مدماك القدر: وهو المدماك الأول التي يحدد موقع الحائط.
- ناصية: الركن الخارجي للحوائط.
- منسوب مرجع: مستوي محدد بعلامة يتخذ مرجعها تنسب إليه المناسيب الأخرى طوبة عساكر: يقصد بها طوبة ترقد على رأسها وتظهر بواجهة ارتفاعها 25 سم وعرضها 6 سم
- مسامي: يعتبر الطوب أو البلوك مساميا إذا كانت به مسامات يتعدى حجمها 20٪ للحجم الكلي للطوب أو البلوك.
- مصمت: يعتبر الطوب أو البلوك مصمتا إذا كانت به خروم أو ثقوب نافذة أو غير نافذة بكامل الارتفاع على ألا يتعدي حجم الخروم 25٪ من الحجم الكلي

للطوبة أو البلوك ويعتبر الخرم صغير إذا كان عرضه لا يزيد على 20 مم[1] مساحته الكلية 500م[2].

- مسلكان: تصميم في مباني الفتحات لتسهيل على ضلف الشبابيك أو الأبواب عند فتحها.
- ناصية الركن الخارجي لتلاقي حائطين
- العدد: يقصد بها الأدوات التي يعمل بها المباني
- طيه: يقصد بها مسافة الركوب الأفقية بين عرموسين رأسيين في مدماكين متتالين وتساوي عادة ¼ شأوي وقد تسمي رباط.
- تروية: يقصد بها الأدية عند زاوية الحائط القائم ويليها الكنيز وقد جاء اسم Quoin من الكلمة الفرنسية Coin ومعناها ناحية الزاوية.

بعض المصطلحات المستخدمة في البناء:

- طوبة: وحدة بناء لا يزيد طولها على 445 مم وعرضها على 225 مم وارتفاعها على 110 مم.
- طوبة تكعيبية: هو الطوب المصنع خصيصا أو من الإنتاج لإظهار جمال معماري جذاب عند استعماله في البناء بدون بياض.
- طوب مخرم: يعتبر الطوب أو البلوك مخرما إذا كانت به خروم أو ثقوب صغيرة تتعدي حجمها 25 ٪ من الحجم الكلي للطوبة أو البلوك.
- طوب مجوف: يعتبر مجوفا إذا كانت به فجوات تتعدي حجمها 25 ٪ من الحجم الكلي للطوبة.
- عرموس متعامد: طبقة المونة الرأسية المتعامدة مع وجه الحائط.
- عرموس الحل: تخانة المونة المحصورة بين السطحين الجانبين لحجرتين متجاورتين.
- عرموس – وصلة – لحام: الفراغ التي تشغله المونة بين الطوب.
- عرموس المرقد: اللحام الأفقي في الحوائط أو الحائل في العقود التي ينتقل خلاله الضغط من طوبة إلى أخري.
- عرموس راقد: طبقة المونة التي ترقد عليها الطوب

- فخذ: جزء من مباني الحائط المجاور الفتحة فيه.
- قاعدة مدرجة: مدماك أو مداميك تعمل بارزة ومدرجة في أسفل الحائط لتوزيع الأحمال المطلوبة للمباني.
- قامة ارتفاعات: قطعة من الخشب مستقيمة لضبط الارتفاع المطلوب للمباني.
- كسر الطوب: جزء من الطوبة، أما مصنوع خصيصا مقطوعا من الطوبة.
- كحلة: ملء عراميس المباني التي سبق تفريغها وإنهاؤها بالشكل المطلوب.
- كنيزر: جزء من الطوبة يقطع منها أو يصنع خصيصا ويستعمل لبدء التشغيل، وتشكيل الرباط وهو ذو أشكال خاصة حسب موقعة كما يلي كنيزر مشطوف وكنيزر ملك – كنيزر ملكة.
- كنيزر الملكة: مكون من نصف طوبة بطولها توضع بعد أول أدية في كتف الحائط القائم الزاوية وذلك لتلاشي وقوع العرميس الرأسية فوق بعضها والتي تؤدي إلى حدوث قطع الحل في الحائط.
- كنيزر الملك: مكون من طوبة مشوفة عند ركنها بحيث يظهر نصفي الشنأوي والأدية فقط.
- رباط: ترتيب خاص لرصف الطوب ضمانا لعدم انطباق العرامسي الرأسية بالمداميك المتتالية على بعضها البعض، ويتم ذلك بعمل زاحة جانبية (طية) بمقدار نصف طوبة في الحوائط التي بتخانة نصف 1، ربع طوبة وبمقار ربع طوبة في الحوائط التي بسماكة طوبة أو أكثر.
- رفرفة: (بروز) جزء بارز من الحائط (كابولي) يحمل ما يعلو ز
- رقائق مانعة: (توقية) غطاء واق من مادة يغطس بها سطح من المبني أو فاصل فيه مثل المواد العازلة للمياه أو الرطوبة التي لا تسمح بنفاذ الماء.
- شنأوي: طوبة توضع بطولها موازية لواجهة الحائط.
- طباق: جزء بارز مبني أعلا الدورة أو السور للوقاية من الأمطار أو العوامل الجوية.
- طبقة: دليل يستعمل لتنفيذ المباني بالطوب بالشكل المطلوب.

- طرف الرباط: فرغ في الحائط يترك عند البناء لتكوين دخلات لرباط المباني مستقبلا ويكون على النحو التالي:

1. تجويف في الحائط الأم أو في حالة ترك طرف رباط في حائط يرفع امتداده مستقبلا.
2. تستعين في الحائط الإضافي أو في امتداد الحائط مستقبلا.

- أدية: طوبة توضع بطولها متعاملة مع واجهة الحائط.
- السطح الرأسي الظاهر على جانبي فتحة، تجويف في المباني.
- بلوك: وحدة بناء تزيد أبعادها على أبعاد الطوبة على ألا يزيد ارتفاعها على طولها أو ست مرات عرضها.
- بلوك مجوف: يعتبر البلوك المجوف إذا كانت به فجوة واحدة،أكثر على أن يكون حجم الجزء المصمت في حدود 50 ٪، 75 ٪ من الحجم الكلي للبلوك.
- تزهير: ظهور طبقة قشرية من مسحوق محلي يتبقي على السطح بعد تبخر الماء.
- دروة: حائط بالمبني معرض من جانبيه وأعلاه للعوامل الجوية.
- مدايك بارزة ومرتدة بالتبادل بمقدار ربع طوبة لربط الحائط مع الحوائط والأعمدة الخرسانية المتصلة به.
- حزام: مدماك، أكثر من الطوب لتخريم الحائط المبني بالأحجار.
- ضفيف: يعتبر الطوب أو البلوك من النوع الخفيف إذا لم يزد وزن المتر ❖❖❖ ألف كيلو جرام.
- دروة (رديئة) حائط بسور السطوح أو الشرفات مكشوف من جانبيه وأعلاه قطع الحل يقصد به وقوع المونة الرأسية على بعضها في مباني الحائط ويسبب هذا شرح رأسي بها مما يضعفها ويفضلها عن بعض وقد تسمي في بعض الأحيان (شق الثعبان)
- أدية: طوبة توضع بطولها متعامدة مع واجهة الحائط.

خطوات البناء بالطوب:

المرحلة الأولى: مرحلة الأد

وهي توقيع الرسومات على الطبيعة وذلك بمراجعة مقاس السقف من الطبيعة في جميع الاتجاهات ومطابقة بالرسومات ثم عمل مدماك واحد في كامل مسطح المبني مبينا به جميع الحوائط والأبواب وذلك بتحديد أضلاع كل غرفة ويضع البناء طوبة ناشفة عند جانبي فتحة سواء كانت بابا أو عقدا دائرا أو مستقيما مع زيادة طول الفتحة بمقدار 2– 3 سم على الرسومات وذلك لتسهيل تركيب الحلوق ثم وضع طوبة بالمونة على كل من جانبي الفتحة وتراجع صليبه واسترباع الغرفة بعد ضبط جميع الأبعاد باقي هذا المدماك الواحد بين أركان الغرفة وبين أكتاف فتحاتها وبذلك تظهر جميع الغرف والملحقات بالتفضل.

المرحلة الثانية: المباني لمنسوب الجلسات

يلي عملية ألاد الارتفاع بالمباني حتى منسوب الجلسات والشبابيك ومنسوب كوبستات البلوكونات ويلزم لتلك المرحلة مراعاة الآتي:

أ) أفقية المداميك تماما في جميع مسطح العلمية حتى تكون جميع الجلسات في مستوى أفقي واحد.

ب) تساوي جميع العراميس واللحامات.

ج) ملء الفراغات واللحامات بين الطوب بساقط المونة ثم كحلها بقطعة من الخشب أو فضله من سيخ حديد ثم المرور على وجه الحائط بقطعة من الخيش.

د) مراعاة رأسية وأفقية أكتاف ومحاكيات الأبواب.

ه) شد خيط على المباني لضمان استقامتها واستوائها ومراجعة رأسيتها بميزان الخليط وعند الوصول لهذا المنسوب تقوم بأد فتحات الشبابيك جميعها بلصق طوبة بالمونة على جانبي فتحة الشبابيك بعد وضع علامات الفتحات بالقلم أو الطباشير أو السلاقون الأحمر على آخر مدماك ويراعي ترك 2 – 3 سم زيادة في الفتحة على الرسومات وذلك لسهولة تركيب الحلوق.

و) البناء يكون بمنسوب أقل من منسوب الجلسة بخلوص قدرة مساو لسمك أي إضافة تركيب على جلسة الشبابيك وكوبسته البلكونة والسلم مثل الرخام أو الخشب مصادف عليه سمك جلسته.

ز) ويجب أخذ شرب أو منسوب أفقي ثابت بميزان المياه أو ميزان الخرطوم في كامل العمارة برسمه على جزاب الأعمدة المسلحة وأخذ لقطة منه الجلسات ويكون عادة على ارتفاع 1.5 متر من الخرسانة المسلحة.

المرحلة الثالثة: المباني لمنسوب الأعتاب (التعتيب):

تعمل لتلك المباني سقالات لوقوف البناء عليها:

1. ألواح بونتي توضع على براميلين متباعدين ومتوازين للحائط المراد بنائه.
2. عروق متراصة أو ألواح بونتى على عرقين أفقين متعامدين عليها في أولها وأخرها ومرتكزين على مباني الحوائط المجاورة.
3. ألواح بونتى على حمارين خشبيين أو عروق مائلة.

ويستمر البناء في بناء مداميك أفقية حتى يصل إلى منسوب الأعتاب ويجب أن يكون هذا المنسوب مأخوذا من لقطة واحدة في جميع المبنى لكي تكون الأعتاب في منسوب واحد مع عمل خلوص في الارتفاع 1سم لتسهيل تركيب خلوص ويعلو البناء بالمبني مدماكين عن منسوب بطنيه الأعتاب مع ترك فراغ بجانبي الفتحة بدون أن يرتفع به وذلك لوضع العتب عليه وبطول مسأو لمقدار ركزب وهو 15 سم للفتحات عرض 80 – 90 سم، 5 سم للفتحات الأكبر من ذلك.

المرحلة الرابعة: التحزيم

وهي تلي مرحلة التعتيب وتبدأ برضع العتاب في مكانها وتنقسم الأعتاب إلى نوع يصيب على الأرض بشدة مكونة عادة ألواح متراصة إلى جوار بعضها ومقسمه في طولها بقوالب من الطوب إلى أجزاء بأطوال الأعتاب اللازمة وبعددها ويفرش أولا في هذه الشدة طبقة من الرمل ثم يوضع التسليح حسب الرسومات وبعد ذلك تقوم بملئها بالخرسانة في مجموعات بالجملة ونتركها تجف وبعد تركب في أماكنها كل حسب طوله.

طريقة بناء القوالب في الحائط:

تبني القوالب عادة على أكبر مسطح فيها أي على المسطح المكون من طولها وعرضها إلا في بعض الحالات التي تبني فيها الطوبة على سيفها كما في العواطيب ¼ طوبة وفي جلسات الشبابيك أو في العقود و وقد تبني الطوبة قائمة رأسية وذلك في أعمال الحليات وفي العقود وفي الأسفال دون مراعاة المتانة، ويتم ملئ الفراغات بين القوالب بأحدي الطرق الآتية:

أ. **طريقة البناء بالمسطرين:**

وتستعمل عندما يكون عرض الحائط ¼ طوبة أو ½ أو طوب كاملة أو 1½ طوبة أو طوبتين وفيها تنفرد المونة أفقيا بالمسطرين ثم ترص القوالب أفقيا فوقها مع ترك فراغات 1سم بينهما تملأ بواسطة المسطرين.

ب. **طريقة الحوض واللباني:**

وتستعمل عندما يزيد عرض الحائط عن قالبين وفيها تبني القوالب على الوجه الخارجي أولا وتكون على الشكل حوض يكون بعدئذ بالمونة السائلة (اللباني) ثم توضع باقي القوالب في مواضعها وتضغط إلى أسفل حتى ترتفع المونة في الفراغات وتملؤها تماما، وإذا احتاجت إلى زيادة تكون مع المونة القوالب التالية وإذا زادت فتقشط ويعاد استعمالها.

ج. **طريقة السقية بالمونة اللباني:**

وتستعمل في بدن العقود حيث يتم رص القوالب فوق العقود أولا ثم تسقي بالمونة اللباني فتملأ اللحامات بين القوالب.

تحديد قوة البناء:

1. قوة الطوب و تحمله وقوة البناء The a length of the Buick & mortar
2. نوع الرباط The Bond
3. جودة العمالة The quality of The workmanship.

أولا: الطوب والمونة:

أنواع المونة أيضا تحدد قوة أعمال المباني الطوب وسوف نتحدث عن المونة وأنواعها بشئ من التفصيل المسبط لمزيد من التوضيح.

المونة: هي المادة اللاصقة التي تربط بين قوالب الطوب أفقا دراسيا ولا يزيد عن اسم في المعتاد.

فوائدها:

1. توزيع ضغوط الإجمالي الواقعة على الحائط بالتساوي على جميع أجزاء القوالب الحكومية للحائط.
2. لصق وربط جميع القوالب وجعلها كتلة واحدة متماسكة.
3. العمل كمادة عازلة مائعة لنفاذ الحرارة والرطوبة والصوت من خارج الحائط إلى داخلة.

خواصها:

1. يجب أن تكون المونة قابلة للتشكيل بسهولة ويمكن فزجها و تقليبها بسرعة مع تقدم العمل.
2. بجد أن التماسك جيدا مع الطوب وتعطي المقاومة المطلوبة منها.

مواد المونة:

1. الركام الرفيع الصغير:

بأنواعه المختلفة مثل الرمل وكسر الجر والحمر "كسو" الطوب الأحمر" أو مخلفات وقوة الحرق ويجب أن يكون كلا منها مطابقا للمواصفات الخاصة به، ويكل هذا الركام الجزء Inset Material من المونة.

تقليل التقلص الذي يحدث إذ لم يستعمل الحصى في المونة.

المساعدة في عملية شك المونة وتقليل تكاليفها.

خواصها الأخرى وتنظيمها مثل خاصية الامتصاص Absorption والمسامية Poroaily والتشغيل ويعتبر الرمل هو الجزء الخامل الذي يستخدم عادة في المونة ويشترط فيه أن يكون نظيفا خاليا من الأملاح والأتربة والمواد العضوية والطين، وأن يكون حسن التدرج وأن يكون حرشا غير ناعم بحيث إذا وضع بين الكفين ثم دعك يحدث صوتا.

2. المواد اللاصقة أو اللاحمة Cementiy Materials

كالأسمنت بأنواعه (أسمنت بورتلاند أو حديدي أو كرنك.... الخ) أو الجير العادي أو الجير المائي وكل من هذه المواد يجب أن يطابق المواصفات الخاصة به ، وتتلخص وظيفة المادة اللاحمة في ربط حبيبات المادة الخاملة ببعضها، وبالتالي تربط قوالب الطوب أو الأحجار ببعضها لإقامة المبني.

3. المياه Mixing water:

ويجب أن تكون المياه المستعملة في خلط المونة نظيفة وخالية من المواد الذائبة بنسب تؤثر على قوة المونة أو المعادن أو تقلل من صمود المنشأ لفعل الزمن.

(وعموما ما تعتبر المياه الصالحة للشرب صالحة أيضا للاستعمال في خلط المونة والخرسانات).

4. الإضافات Admixtures:

يجوز استعمال الإضافات الكيميائية أو الميكانيكية للالمونة لتحسين بعض خواصها مثل مقاومتها لنفاذ المياه أو تعجيل زمن الشك..... الخ على أن تكون إضافة هذه المواد غير مضعفة لقوة المونة نفسها وفي بعض الحيان تضاف مواد ملونة غير عضوية لإكساب المونة اللون المطلوب.

أنواع المونة المستعملة في المباني:

كما أن على المهندس اختيار المناسب من الطوب للمباني فإن عليه اختيار الصالح مع المونة لنوع المباني التي سوف تدخل المونة في بنائها.

يمكن تقسيم المونة البناء إلى قسمين من حيث متطلبات الاستعمال:

1. مونة الأساسات: (للمباني تحت الطبقات العازلة) وتعرف بالمونة المائية.
2. مونة البناء: للمباني أعلا الطبقة العازلة وقد تكون مونة مائية أو لا مائية.

ولدراسة أنواع المونة يجب التعرض لدراسة النقاط الآتية:

1. مونة الأساسات:

أنواع المواد اللاصقة أو اللاحمة: توجد أنواع كثيرة لأن تكون مادة لاحمة في المونة و نوضح منها الجير والأسمنت الصناعي باعتبارهما أهم المواد اللاحمة حيث توجد مواد لاحمة أخرى مثل الأسمنت الطبيعي Cement Natural وهو عبارة عن بعض المواد الطبيعية تصلح لأن تكون مادة رابطة في المونة وفي الخرسانة، وكانت تستعمل قبل اكتشاف الأسمنت الصناعي سنة 1824، بل ولا زال بعض أنواعها يستعمل إلى الآن ومن هذه البتسولانة ولونها بني وإذا خلطت فإنها تكتسب خواص الجير المائي وتكون مادة أسمنتية قوية والتراس Trass وتشبه هذه المادة البتسولانة إلا أنها رمادية اللون والأسمنت الروماني ويستحضر من طينة تحرق في درجات حرارة منخفضة وهو سريع الشك كما أنه ضعيف في خواصه الأسمنتية.

الجير: وهو عبارة عن مسحوق ابيض ناعم ، ويتركب الجير الصافي Pure Lime كيمائيا من أكسيد الكالسيوم ويمكن الحصول على بكلسنة Calcination كربونات الكالسيوم التي توجد في الطبيعة على هيئة حجر جيري Lomestone أو طباشير Chalk أو رخام Marble وتتم عملية الكسلة بتحليل الحجر الجيري بالحرارة وإزالة ثان أكسيد الكربون، ثم تبريد الأكسيد الناتج بطريقة تمنع اتحاد ثاني أكسيد الكربون به مرة أخرى، وتتم هذه العملية في أفران.

وعند خلط الجير بالرمل ثم إضافة الماء إليهما، ويذوب الجير في الماء مكونا محلول مشبع من هيدرات الكالسيوم Saturated Calcium Hydrates الذي يستطيع امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الجو، وعندما يتبخر الماء أثناء عملية التصلب Hardening تتكون بلورات من كربونات الكالسيوم التي تلتصق بدورها

على الأسطح للرمل وتربطها ببعضها، وبالتالي تربط المونة جميعها وأسطح الطوب أو الأحجار مكونة جسما صلبا متماسكا.

وتحتاج المونة الجيرية إلى وقت للشك والتصلب لأنها تمتص ثاني أكسيد الكربون من الجو ببطء شديد، وشك المونة الجيرية Setting of lime mortar عبارة عن تفاعل مائي ينتج عنه تحويل هيدرات الكالسيوم أو الجير المطفي Slaked lime، المتكونة من خلط الجير بالماء إلى كربونات الكالسيوم وذلك بامتصاص الهيدرات لثاني أكسيد الكربون من الجو أثناء تبخر الماء، وتتم عملية تصلب المونة الجيرية Hardening of lime mortar بتبخر ما تحتويه المونة من رطوبة moiature بعد الشك حيث تتكون مونة قوية صلبة.

أنواع الجير:

ويمكن تقسيم الجير إلى نوعين رئيسين هما: الجير الهوائي أو الغير مائي والجير المائي.

الجير الهوائي: Non-hydraulic lime

هو الذي يشك ويتصلب في الجو بعيدا عن الماء ويمكن تقسيمه إلى جير سلطاني أو دسم وجير بلدي أو غير دسم وجير دلوميتي، وفيما يلي موجز عن هذه الأنواع الثلاثة:

1. **الجير السلطاني أو الدسم Fat lime**: وهو أنقي أنواع الجير غذ يكاد يكون خاليا من الشوائب ويحتوى على أول أكسيد الكالسيوم النقي وهو يمتاز بلونه الأبيض وينتج عنه طفيه بالماء حرارة كبيرة كما انه ينتفخ إلى مرتين أو ثلاث مرات حجمه الأصلي.
2. **الجير البلدي أو الغير دسم Poor lime**: إن هذا النوع من الجير رمادي اللون ويحتوى على حوالي 15٪ – 30٪ من وزنه شوائب و ولما كان الرمل من ضمن هذه الشوائب فلا يحتاج هذا النوع من الجير إلى كمية كبيرة من الرمل عند

عمل المونة، ولا ينتج عن طفيه بالماء حرارة كبيرة كما انه لا ينتفخ كثيرا بعكس الحال في الجير السلطاني.

3. **الجير الدولميتي Dolmitic lime**: يحتوى هذا النوع على نسبة كبيرة من كربونات المغنيسيا التي تقلل من انتفاخه عند طفيه، مما ينقص قيمة من حيث الاستعمال إلا يمتاز بصلابة المونة المكونة منه، إذ تبلغ صلابة المونة بالجير الدولمتي ضعف صلاية المونة السلطاني لنفس نسبة الجير بعد عام.

4. **الجير المائي Hydrulic lime**: يشك هذا النوع ويتصلب في الماء وذلك لأن الأحجار الجيرية التي يصنع منها تحتوى على كمية السليكا والألو منيا وهما اللذان يكسبانه خاصيته المائية، لذا فهو يستعمل في أساسات المباني البسيطة الغير هامة التي تنشأ في الأماكن الرطبة.

5. **الحمرة**: هي عبارة عن مسحوق الطوب الأحمر وتنتج عن طحن الطوب الناقص الحرق أو كسر الطوب أو الشقق أو كتل طينية تحرق خصيصا لهذا الغرض وإذا أضيف إليها الجير فإنها تكسب بعض خواص الجير المائي.

6. **القصرمل**: تنتج هذه المادة من مخلفات خرق القامة أو مخلفات الحرق بالأفران وهو أسود اللون ويستعمل مثل الحمرة.

7. **الطين النباتي**: تعرف هذا المادة جيولوجيا باسم الطفل وهو سهل التشغيل ناعم الحبيبات، كما يمتص الماء بشراهة، إذا أضيف إليه الجير يكون غير قابل للذوبان في الماء ويستغرق وقتا طويلا للتصلب.

- الأسمنت الصناعي Artificial Cement:

وهو عبارة عن مسحوق رمادي ناعم، يتم صنعه بخلط النسب الصحيحة من الحجر الجيري المواد الطفلية ثم توضع الخلطة في أفران خاصة حيث تتعرض تدريجيا لدرجات حرارة عالية ينتج عنها ما يسمى بالكنكر Clinker الذي يبرد ثم يطحن جيدا بعد إضافة قليل من الحنش الخام ليعطيها المادة الناعمة المسماة بالأسمنت.

شك وتصلب الأسمنت: عندما يخلط الأسمنت بالماء يحدث تفاعل كيمائي ينتج عنه هيدات ألومينات الكالسيوم Hydrates Of Calcium Aluminates التي تتحول إلى مادة متماسكة مثل الجلاتين، وتسمى هذه الحالة شك الأسمنت setting of cement بعد ذلك تتكون هيدرات سليكات الكالسيوم Hydrates Of Calcium silicates التي تتصلب ويتحول الأسمنت إلى مادة صلبة قوية، تعرف هذه العملية الأخيرة بالتصلب، وتساعد درجات الحرارة العالية على عمليات الشك، بينما قد لا يبدأ الشك إطلاقا في درجة التجمد، ويتراوح زمن الشك الابتدائي Initial setting لأنواع الأسمنت مختلفة بين 10 دقائق وساعتين، بينما يتراوح زمن الشك النهائي بين 30 دقيقة وسبع ساعات.

أنواع الأسمنت الصناعي:

1. **الأسمنت البورتلاندي العادي Ordimary Portland cement**

وهذا النوع هو المستعمل عادة في جميع أنواع المباني.

2. **الأسمنت البورتلاندي السريع التصلب Quick hardeing Portland cement:**

أن هذا الأسمنت مثل الأسمنت البورتلاندي العادي إلا أنه يمتاز بنعومته التي تساعد على سرعة تصلبه، وتبلغ قوة هذا الأسمنت بعد يوم قوة الأسمنت العادي بعد ثلاثة أيام، ولذلك فهو يستعمل في الأعمال التي تحتاج إلى السرعة.

3. **الأسمنت الألوميتى او الفوندي Aliminous cement or Found:**

يحتوى هذا النوع من الأسمنت على نسبة عالية من الألومينا ويقاوم مياه البحر الملحية وكذا تأثير الكبريات، ولذلك فهو يستعمل في العمال البحرية وكذلك في أساس المباني التي تنشأ في تربة تحتوى على نسبة عالية من الكبريتات، كما أنه سريع التصلب و نوع الأسمنت يطلق عليه اسم أسمنت مياه البحر Sea water cement له نفس خواص الأسمنت الألوميني.

4. الأسمنت الملون Coloured Cement:

ويوجد هذا النوع على أنواع مختلفة منها الأبيض والأحمر والأصفر والأخضر والأسود ويستعمل عادة في أعمال البياض وفي صناعة أنواع الأرضيات.

5. الأسمنت الحديدي Slag cement:

ويصنع بإضافة نسبة من خبث الحديد إلى كنكر الأسمنت البورتلاندي ثم طحنها إلى درجة النعومة المطلوبة، وقد بدء في صناعته في جمهورية مصر العربية بعد إنشاء صناعة الحديد والصلب.

أنواع المونة:

إن متانة أي مبنى وقوة تحمله للعوامل الجوية تتوقف على عدة عوامل منها نوع المونة المستعملة، لذا يجب اختبار نوع المونة بحيث تتناسب معه قوة المواد المستعملة في البناء، فمثلا إذا استعملت المونة ضعيفة في إنشاء مبني مكون من طوب جيد له قوة تحمل فإن المبني يكون عرضه للتصدع ولا يعمر طويلا.

1. المونة الطين والتبن:

وتستعمل في البناء بالطوب النيئ ، كما يحدث في مباني الريف في البلدان العربية.

2. المونة الجير Lime mortar:

تستعمل في المباني الغير هامة والتي لا تحمل أحمالا كبيرة وذلك لضعفها، وهي تخلط بالحجر وتوجد منها أنواع كثيرة منها:

أ. المونة مكونة من جزئين من الجير + 3 أجزاء من الرمل.

ب. المونة مكونة من جزء من الجير + جزء من الطين النباتي.

ج. المونة مكونة من جزء من الجير + جزء من القصر مل + جزء من الرمل.

والأنواع الثلاثة الأخيرة من المونة تعتبر ضعيفة وتحتاج إلى وقت طويل للشك والتصلب في الأماكن الرطبة فيمكن أن تستعمل في أساسات المباني الغير هامة والتي تنفذ في التربة الرطبة.

3. المونة الطين الحراري Fie clay:

وتستعمل في البناء بالطوب الحراري و وقد صنعت أنواع الأسمنت يمكن أن تحل محل الطفل الحراري بل وتمتاز عنه بأنه لا يحدث به تشققات أو تموجات عندما يتعرض كما يحدث في حالة استعمال الطين الحراري.

4. المونة الأسمنت: Cement mortar:

يخلط الأسمنت بالرمل بنسب مختلفة لتكوين منة تتناسب مع نوع البناء والغرض منه، ويتكون المونة الأسمنت عادة من جزء واحد من الأسمنت إلى ثلاثة أجزاء من الرمل بالحجم، ولما كان الأسمنت يعبأ في أكياس تسع 50 كيلو جرام فإنه ينص على تحديد نوع المونة بكمية لأسمنت اللازم إضافتها إلى متر مكعب من الرمل وعلى هذا تتراوح الكمية بين 45 – 225 كيلو جرام تقريبا.

وتستعمل المونة الأسمنت القوية المكونة من 300 – 400 كيلو جرام أسمنت على المتر المكعب من الرمل في مباني الطوب قطع السلك أو الطوب المضغوط أو الحوائط ذات سمك نصف طوبة والمنشأة بالطوب الأحمر العادي ووتحتاج المباني فوق سطح الأرض وذات سمك أكبر من نصف طوبة إلى المونة مكونة من 250 كيلو جرام أسمنت إلى متر مكعب رمل.

وعند استعمال المونة الجيرية الأسمنت يراعي:

أ. عدم استعمال الجير الخاص أو الأسمنت الخاص كالمونة دون خلطها بالرمل وذلك لأنه في حالة الجير تشك الطبقة الخارجية والمعرضة للجو فتمنع الطبقة الداخلية من أن تشك أو تتصلب، أما في حالة الأسمنت فإن يتقلص بدرجة كبيرة مما يحدث في المونة شرخ دقيقة Hair Carcks فتصبح ضعيفة.

ب. تحتاج كل من المونة الأسمنت والجير إلى الماء حتى تتم عملية الشك ولذا يجب أن يغمر الطوب في الماء لمدة تتراوح بين نصف ساعة وساعتين قبل الاستعمال في البناء حتى لا يمتص الطوب المياه الموجودة في المونة، كما يجب استمرار رش الأجزاء المنهية من المبنى حيث تبقى مبللة تماما بالماء لمدة تتراوح بين أسبوع وأسبوعين لتأخير تصلب المونة وتنظيم تقلصها.

ج. يجب عدم استعمال المونة سواء الأسمنتية أو الجيرة التي شكت قبل استعمالها.

د. يجب ترك المونة الجيرية لبعض الوقت بعد خلها بالماء وقبل استعمالها، وذلك حتى نضمن أن كل حبيبة من حبيبات الجير قد امتصت الماء اللازم لطفيها وحيث أن الحبيبات الغير مطفأة تتفتح داخل المونة وتحدث أضرار كبيرة للمبنى.

ويجب أن تتحمل هذه المونة الرطوبة الناتجة من المياه الجوفية أو المتسرية من سطح الأرض الملامسة للحائط وتعمل عدة خلطات:

1. المونة الجير والحمرة والرمل: بنسبة 1: 1: 1 بالحجم (م^3 جير: م^3 حمرة) لتعطي 1م^3 من المونة المنتهية وتخلط خلطا جيدا على الناشف بعد هز المواد ثم تضاف إليها المياه حسب الطلب.
2. المونة الجير والرمل والأسمنت: بنسبة 1: 2: 100 كم أسمنت (م^3 جير: 1 م^3 رمل: 100 كجم).
3. المونة الأسمنت والرمل: بنسبة 1: 3: أو 1: 4 بالحجم ولعمل المونة 1 م^3 يوضع 45 كجم أسمنت لكل 1م^3 رمل لتعطي 1م^3 من المونة المنتهية.

2. مونة البناء:

وتكون فيها نسب المواد اللاصقة أقل من مونة الأساسات لعدم تعرضها لنفس الظروف القاسية، وتعمل على عدة خلطات:

1) المونة الجير والحمرة والرمل: بنسبة 1: 1: 1 كما سبق.

2) المونة الجير والرمل والأسمنت: وتعمل بخلطات مختلفة منها: م^3 جير: 1 م^3 رمل: 50 إلى 100 كجم أسمنت. 0.6 م^3 جير : 0.9 م^3 رمل: 50 إلى 100 كجم أسمنت.

3) المونة الأسمنت والرمل: بنسبة 1: 3.

والعامل الثاني: وهو قوة الرابطة أو الرباط The Bond

تظهر الشكوك لتسأل هل يوجد حاجة لربط الطوب ويمكننا القول بأن في بعض الأحيان لا داعي للربط أو يمكنا إثبات ذلك من عليه

هذه الاختبارات تحدث بواسطة ماكينة ضغط 2.5 ميجا نيوتن في معمل الإنشاءات بقسم الهندسة الإنشائية في جامعة مانشستر للعلوم والتكنولوجيا.

تم اختبار حوالي 12 طوبة تبعا لـ Cp. 111 متوسط أجهاد لضغط المؤتي كان 38.9 MN/m2

والنتائج توضح أن الطوب المربوط أقوى بمقدار 58 – 94 ٪ من الطوب الغير مربوط.

أنواع الأربطة:

أربطة الطوب Brick Bonds:

يوجد طريق كثيرة لرص الطوب ذلك لربطه ببعض وتستعمل عند بناء حوائط لجعلها كتله وأهمها ما يأتي:

1. الرباط المستمر Running Bond:

ويسمى أيضا الرباط الشنأوي أو العادي وفيه تشيد مباني الطوب بحيث يظهر مداميك الطوب كلها من النشأويات وتستعمل هذه الطريقة عند تشييد الحوائط التي سمكها ½ طوبة فقط.

2. طريقة الرباط الإنجليزي:

وهذه الطريقة هي أحسن الطريق المستعملة في رباط الطوب وذلك لعدم وجود رأسية مستمرة داخل الحائط أنه يقل فيها استعمال كسور القوالب التي عادة ما تكون مصدر ضعف للحائط.

ويتلخص رص الطوب بهذه الطريقة في أن يرص القوالب من مدماك القدآديات مثلا وفي المدماك الذي يليه ترص على هيئة شنأويات مع وضع كنيز للحصول على الرباط الصحيح الذي فيه مقدار الطية ¼ طوبة وتكون فيه على وجه الحائط ومستمرة من وجه الحائط على ظهره.

ويجب عند البناء بالطريقة الإنجليزية مراعاة القواعد الآتية:

1. إذا تغير اتجاه الحائط فإن الرباط يختلف في الوجهين المتعامدين في الداخل والخارج.
2. يوضع كنيزر دائما بعد آدية الناصية (الترويسة) ويكون الكنيزر بعرض الحائط.
3. عندما يكون سمك الحائط مساويا لعدد كامل من القوالب ترص القوالب في أي مدماك بحيث يكون رصها في الخلف مشابها لرصها في الوجه الأمامي للحائط فيكون على شكل أديات أو شنأويات في الجهتين.
4. عندما يكون سمك الحائط من المكررات الفردية لنصف الطوبة فإن رصة القوالب تكون مختلفة في المدماك الواحد في الخلف عنها في وجه الحائط الأمامي.
5. يلاحظ أن عدد الشنأويات يقل كما زاد عرض الحائط.
6. في النهايات المربعة يختلف رص الطوب بحيث يظهر في النهاية المربعة على هيئة مدماك أديات ومدماك شنأويات.

3. طريقة الرباط الفلمنكي المزدوج:

والبناء بها أضعف قوة من الطريقة الإنجليزية نظرا لاستعمال كسور القوالب بكثرة وكذلك استعمال الشنويات الحائط مما يجعل اللحامات تقع بعضها فوق البعض الآخر، إلا أنها تستعمل لجمال منظر البناء. ويحتوي كل مدماك على أدية بين شنأويين ويكون قالب الآدية فوق وتحت آخر وتكاليف البناء بهذه الطريقة أرخص من الطريقة الإنجليزية نظرا لاستعمال الكثير من أنصاف القوالب التي تكسر أثناء النقل والبناء.

ويفضل البناء بهذه لطريقة في الحوائط التي سمكها قالب واحد فمكان ضبط وجه الحائط وظهرا لحائط في كل مدماك.

يوضع أولا الترويسه في الركن وبجانبه الكنيزر ثم يليه قالب شنأوى ثم آدية ، ويوضع الكنيزر للحصول على الطية (1 طوبه) ويكون الكنيزر بسمك 1 طوبة ثم تعترضه الآدية من الوجه المتعامد ، وبعدها يستمر الكنيزر إن لزم الأمر.

أنواع الرباط الأخرى:

الرباط الفلمنكي المفرد:

يعمل الوجه فلمنكي والظهر إنجليزي والبناء بهذه الطريقة من الفلمنكي المزدوج يمكن استعمالها في الحوائط سمك 10 طوبه فأكثر و وترص الواجهة أولا كالرباط الفلمنكي ثم ترص قوالب ظهر الحائط بالطريقة الإنجليزية ويملأ وسط الحائط بقوالب آديات كلما أمكن ذلك.

على حوائط ذات واجهه زخرفية و ويعتبر بناء الحوائط بهذه الطريقة لا يعطي القوة على تحمل الضغوط كالرباط الإنجليزي نظرا لكثيرة العراميس الرأسية التي تحدث عند البناء بها وخصوصا في الحوائط التي سمكها أكبر من طوبه.

4. رباط حائط الحديقة الإنجليزية English Garden Wall Bond:

تشيد حوائط مباني الطوب بطريقة خاصة بحيث تظهر على واجهاتها ثلاثة مداميك شنأوى ثم يبني فوقها مدماك واحد آدية لربط الحائط، ولذلك يجب عمل أربعة مساقط أفقية للمداميك المختلفة للحصول على هذا النوع من الرباط.

5. رباط حائط الحديقة الفلمنكية Flemish Garden Wall Bond:

يشيد طوب حوائط هذه المباني بطريقة خاصة بحيث يظهر على واجهاتها طوبات شنأوى وبجانبهم طوبه آدية فقط على التبادل مع استعمال الكنيزر لمنع قطع الحل في الحائط، وعلى ذلك يجب عمل أربعة مساقط أفقية للمداميك لمختلفة للحصول على هذا النوع من الرباط.

6. الرباط الهولندي Dutch Bond:

للحصول على هذا الرباط يجب عمل أربعة مساقط أفقية للمداميك المختلفة للحصول على هذا النوع من الرباط – كذلك يكثر استعمال قطعيات الطوب كمثل ½ ، ¾ طوبة للحصول على منع قطع الحل في الحائط.

7. رباط الراهب Monk Bond:

وهو خليط من الأربطة السابقة.

8. رباط الكومة Stack Bond

تشيد حوائط هذه المباني بحيث يظهر في واجهاتها مداميك كلها طوب شنأويات أو عساكر أو طوب على رأسه أومليع أو... بحيث أن عراميس المونة الرأسية للطوب تكون فوق بعضها تماما ويستعمل هذا الرباط فقط لتكسيه الحوائط الأساسية.

ومن العوامل التي يتحدد بها قوة العمل المصنوع بالطوب العمالة الجيدة:

- The light quality workmanship اختبار أعمال الطوب يجهز تحت ظروف مثالية في المعامل، ونلاحظ انه يجب من وجود رعاية أو متابعة للعمالة أثناء العمل للتأكيد مثلا من الخلط الجيد للمونة والتي من الممكن أن تسبب تعالج إيجابية أو سلبية، فالإنسان أو العامل له دور أساسي في كفاءة النظام أو العمل الإنشائي.

وعلى سبيل المثال تقوم باختبار عامل في عملية من الطوب وفي وجود أعمال متشابهة كثيرة، ومتشابهة جدا، ومتناقضين جدا فنجد وجود خطأ في أحدهما لا يوجد في الآخر وظهر هذا الخطأ في أحد العمليتين الذي به الخطأ إن لم يتحمل الحمل المتوقع أن يحمله.

وكان السبب وراء هذا الخطأ أن العامل قد نسي أن يقوم بتعريق الطوب في الماء يجعله يتشرب بالماء جيدا ويتشبع به، وعملية تغطيس الطوب قبل البناء Presoaking تجعله متشبع بالماء لدرجة أن لا يتشرب الماء الموجود بالمونة وميزة ذلك أن الماء الموجود في المونة عامل رئيسي في إتمام التفاعل الكيمائي بين مكونات المونة الرئيسية.

الجدول التالي يوضح قوى ضغط أثرت على 400mm2 piers‘2.4mm مصنوعة من الطوب الشائع الاستخدام بالرباط الإنجليزي بمونة أسمنت high وجير 1 cement ‘ 2 lime ‘ 9 sand.

وهذه يوضح أهمية غطس الطوب في الماء قبل البناء.

بالإضافة إلى العوامل السابقة لجان القوة الإنشائية للمباني الطوب تعتمد أيضا على lateral presume to wind & slum darned.

فإن إنشاء المبني الجيد تحتاج على أن إنشاء المبنى ❖ ❖ ❖ الأساسات بحيث ينقل الحمل الحي والحمل الميت بدون حدوث شروخ وكسور وتغير في الشكل

ويمكننا تحديد نحافة الحوائط بواسطة أحد الطرفيين	
الطريقة الغير حسابية	**الطريقة الحسابية**
إيجاد علاقة بين النحافة والارتفاع والطول باستخدام الجدول التالي وهذا هو الطريقة الغير محسوبة Non-collated	تأسيس المبني على قرارات وبضائع أساسيات الإنشاء لدي Cp 111 للحوائط الحاملة المحسوب Collated wall

وهذه الأشياء على المهندس الإنشائي معرفتها ولكن سنعرض جدول مسبط لحساب سمك الحائط بالطريقة اللاحسابية ومثال لتحديد سمك الحائط بالطريقة الحسابية.

ملاحظات عند التصميم:

تتوقف المقاومة والتحمل المطلوبان للمباني بالطوب بأنواعه المختلفة على الغرض المزمع استعماله فيه والمعرفة الجهود المسموح بها للمباني بالطوب بالنسبة لتحمل الطوبة نفسها بالإضافة إلى نوع المونة وأبعاد الحائط يرجع إلى لبنود الخاصة بذلك. التعرض للرياح والمطار الذي يؤثر على اختبار نوع الطوب.

تحديد قوة المبنى من خلال (المونة – الرباط – العمالة):

1. مبان محمية.
2. مبان متوسطة التعرض.
3. مبان شديدة التعرض.

تحمل الحوائط الخارجية لمياه الأمطار وتنفيذ المياه عن طريق:

أ. الشروخ.

ب. جسم الطوبة نفسها أو المونة اللاحمة.

وتتوقف مقاومة الحوائط لنفاذ الأمطار على سماكتها وطريقة بنائها والمواد المستعملة فيها ولا يعتمد عادة على المباني المصمتة للحصول على مقاومة كافية ويمكن زيادة مقامة الحوائط المصمته بياضها.

وبمقارنة مباني الحوائط المصمته بمباني المزدوجة (المفرغة) جيد الإنشاء يتضح أن الأخير ذات مقاومة أفضل لنفاذ المياه.

- القواعد المدرجة للحوائط، يمكن بناء حوائط الطوب بدون قواعد مدرجه فوق الأساس مباشرة وإنما اقتضى زيادة تخانة الحائط من أسفل لسلامة توزيع الأجمال تبني قاعدة مدرجة بحيث تبرز كل قصه فيها من القصة التي تعلوها بمقدار ربع طوبة ويكون التدريج على أحد أو كلا جانبي الحائط وفقا للحالة ويراعي بقدر الإمكان أن تبني هذه القصص من آديات.
- ارتكاز الأسقف على الحوائط: وتعمل من مدادات خشب تعمل على قصص في مباني الحائط، على رفرفه من مداميك الطوب أو على كوابيل من خوص حديدية مجلفنة في الحائط.
- أما في حالة ارتكاز كمرات خشبية على الحوائط يراعي عمل وسادات من الحجر، من الخرسانة المسلحة.
- الفتحات: يراعي بقدر المستطاع أن تصمم الفتحات بحيث يكون مقدار عرضها مسأويا لأحد مضاعفات نصف الطوبة (مع خام المونة) على أن يتوافق اتساعها مع رباط الطوب كما يتوافق ارتفاعها مع ارتفاع المداميك، ويوصي بالنسبة للعقود والفتحات ذات الأشكال المنتظمة باستخدام الطوب المصنع خصيصا لذلك.
- الدراوي والطبانات: تبني الدراوي عادة من الطوب أو من الخرسانة بارتفاع لا يتجأوز 1.21 مترا، وفي حالة بناء الدراوي بالطوب بتخانة 0.15 مترا وأقل تعمل أكتاف بتخانة لا تقل عن 0.20 مترا وعلى مسافات كل منها حوالي أربعة أمتار، وتستعمل مونة لا تقل فيها الأسمنت عن 300 كيلو جرام لكل متر مكعب من الرمل.
- الأسفال والبرورات والكوانيش: يراعي أن تكون الأسفال والبروزات والكوانيش مترابطه مع المباني لضمان استقرارها وتعمل أما من الطوب، أي مادة أخري مناسبة.
- أما في الطبقات العازلة، فعند وضعها يراعي الآتي:

أن تعمل لياسة لنفس المونة المستعملة في البناء فوقها وذلك تفاديا من حدوث أي ثقوب بها.

تخانة المباني لحوائط الخارجية يراعي ألا تقل تخانة مباني الحوائط الخارجية عن المقدار المناسب لمقاومة تأثير العوامل الجوية كدرجات الحرارة السائدة في كل منطقة مع مراعاة العزل الحراري للطوب المستعمل في مباني الحوائط المقاومة للحريق بصفة عامة تضمن التخانات المحسوبة طبقا لأسس التصميم للحوائط الحاملة مقامة كافية لتأثير الحريق.

التوصيل الحراري لمباني الطوب: يراعي ألا يزيد مقدار التوصيل الحراري للحوائط الخارجية في المباني عن 0.98 كالوري/م^2/ ساعة درجة مئوية. مع دراسة التوازن بين تكاليف زيادة تخانة الحوائط 1 ، استعمال مواد عازلة للحرارة.

العزل الصوتي: يعتبر الحائط بخانة 0.20م كافيا للعزل الصوتي بين وحدتين سكنيتين وإذا اقتضى الأمر مكن زيادة العزل الصوتي بزيادة تخانة الحائط أو بناء حائط مزدوج أو استعمال مواد ماصة للصوت.

الإجهادات الحرارية: هي الإجهادات التي تتعرض لها الحوائط المبنية بالطوب نتيجة لتغير درجات الحرارة على أن يراعي معامل التمدد لكل نوع من الطوب.

التحكم في التشقق الناتج عن الإنكماش:

في حالة البناء بالطوب الطيني المحروق الذي يقل فيه نسبة انكماش الجفاف عن 02 ٪ تعتبر التشققات الشعرية الدقيقة غير ذات أهمية.

أما في حالة البناء بالطوب الذي تريد فيه نسبة انكماش الجفاف فيه على 0.2٪ يمكن تلافي حدوث تشققات كبيرة في الطوب وحصرها بقدر في طبقات المونة وذلك باستخدام مونة أضعف من الطوب مع عدم المبالغة في تخانات اللحامات بين الطوب ويظهر تأثير التمدد والانكماش في الحوائط ذات الطوال الكبيرة مثل حوائط الأسوار أما في الحوائط الطويلة قليلة لفتحات تحدث عادة شقوق أوسع من تلك التي تحدث في الحوائط القصيرة متعددة الفتحات.

يعزى تفكك مباني الطوب عادة إلى وجود الكبريتات أو إلى تجمد المياه وتحتوى بعض أنواع الطوب على كبريتات قابلة للذوبان في الماء فإذا تعرضت الحوائط للبل لفترات طويلة فإن الطوب يتفاعل مع بعض مكونات الأسمنت المستعمل في المونة أو في البياض مما يؤدي إلى تفكك الحائط كذلك قد يؤدي تبلور الأملاح القابلة للذوبان داخل مسام الطوب إلى إجهادات ينتج عنها تفتت الطوب أو تقشرة وقد تنتقل مثل هذه الأملاح إلى مباني الطوب بفعل عوامل خارجية ويراعي ألا تزيد نسبة كبريت المغنسيوم في الطوب عن 0.05٪ لتفادي أي متاعب ، بصفة عامة يجب التأكد من خواص ومدى تحمل كل نوع من أنواع الطوب.

تفادي التنميلات بين المباني والهياكل الخرسانية المسلحة:

1. تربط المباني مع الأعمدة الخرسانية بخوصة لا يقل عرضها عن 25مم أو بأسياخ لا يزيد قطرها على 8مم توضع داخل الأعمدة بطول لا يقل عن 100 مم قبل صبها في أماكن اتصال الحوائط مع العمدة وعلى مسافات لها تزيد على 0.50 متر بحيث تتفق بقدر الإمكان مع الحامات المداميك وبطول ظاهر لا يقل عن 150مم.

ومن الأفضل بصفة عامة طرطشة الأعمدة بعد صبها وقبل بناء الحوائط الملاصقة لها لوقت يكفي لتصل الطرطشة إذا قلت تخانة الحوائط الملاصقة عن 15مم.

ويراعي في حالة وجود فتحات في حوائط تخانتها تقل عن 150مم تجاوز أعمدة خرسانية مسلحة أن تبني المحاكية بجوار العمود بمقاس لا يقل عن 200 مم أما إذا قل المقاس عن ذلك فيجب صب المحاكية مع العمود حتى بطنية عتب الفتحة.

2. يراعي عند تنفيذ الدور العلوي في المبني الحوائط بين الأعمدة حتى منسوب بطنية كمرات أو بلاطات السقف النهائي قبل صب خرسانته لضمان ترابط أعمال الخرسانة المسلحة مع مباني الحوائط أسفلها.

❖ التشوين: إحدى خطوات العمل بالموقع ويتضمن الآتي:

1. تشوين الطوب.
2. الأسمنت.
3. الجير الحي.
4. الجبس.

ويتم تشوين الطوب بالآتي:

1. يرص الطوب في أماكن مناسبة وبكميات كافية حتى لا يتعطل العمل على ألا تقل الكمية المشونة في أي وقت عما يكفي حاجة العمل لمدة أسبوع ومع العناية التامة بعمليتي نقل الطوب ورصة عن على شكل وصات يسهل المرور بينها تيسير للمعاينة والحصر وأخذ العينات اللازمة.

البناء بالطوب: عبارة عن رض قوالب الطوب بنظام خاص وربط ببعض المونة للحصول على كتلة واحدة جميع أجزائها متماسكة لمقاومة الضغوط، ويراعى عند البناء الاشتراطات التالية لمقاومة التالية:

1. قبل وضع قالب الطوب تفرش طبقة المونة تحته بالكامل وإذا كان الطوب من النوع المحتوي على فجوة في أحد سطحية فيوضع القالب بحيث تكون الفجوة من أعلى، وملئ العراميس الطولية والمستعرضة بالمونة جيدا.
2. المحافظة أثناء البناء على استقامة المداميك أفقيا، كما يتم ضبط العراميس الرأسية على خطوط رأسية تماما.
3. تفادي تقطيع الطوب ما أمكن أثناء البناء وذلك باستخدام عمال مهرة للحصول على مبان سليمة الرابط منتظمة العراميس.
4. يتم البناء بطريقة منتظمة مع التدرج بالبناء عند النواصي والتقاطعات بحيث لا يزيد ارتفاع أي جزء من المباني عما يجاوره على متر واحد، ولا يعمل طرف الرباط المسنين أثناء عملية البناء إلا في حالة توقيع امتداد المباني مستقبلا.

استخدامات الطوب في أغراض البناء المختلفة:

1. الحوائط:

أ. تعطي العناية التامة لبناء النواصي مع مراجعة ارتفاع المداميك بالقدرة المدرجة أثناء الارتفاع بالحائط ، وبصفة عامة يتم تشكيل طوب النواصي من أديات وشنأويات متتابعة بالتبادل في المداميك ويتم الرابط بوضع كنيزرات الملكة مجاورة لكل أدية ناحية ويجوز في حالة البناء بطريقة كاستعمال الشنأويات بصفة مستمرة الاستغناء عن كيزر الملكة.

ب. تبني الأكتاف مقطوعة الحلول ويراعي في رباط النواصي أن تعطي تكوينا خارجيا متماثلا بالنسبة لنهايتي واجهة الكتف.

ج. يكون زدود المباني في السقالات لتكوين الملكانات متمشيا مع أبعاد الطوب المستعمل وذلك لسلامة -- وتفادي تقطيع الطوب وتستعمل الكنيزرات وأجزاء الطوب (الكسور) عند اللزوم لضمان ربط المباني ويراعي تماثل طريقة البناء على جانبي الفتحات.

د. عند بناء الجلسات والأعتاب المستمرة يراعي وضع فرشات من المونة تحت الأفخاذ فقط لمنع حدوث كسر بها عند تربيح المباني وبعد تماسك مونة البناء تملأ الفرشات أسفل الجلسات والأعتاب بالمونة وتكحل.

ه. تترك شنايش أو يعمل طرف رباط مسعنن لضمان ربط المباني مع بعضها عند استكمالها.

و. عند احتمال بناء قواطع متصلة بحوائط رئيسية يحسن عمل طرف الرباط اللازمة لربط القواطع بالحوائط.

2. العقود:

1. تبني العقود على عبوات خشبية بالأشكال المطلوبة ويمكن أن تكون:

أ. عقود غشيمة وتبني بالطوب العادي بلحامات عرضها متغير.

ب. عقود مبنية بالطوب المخصوص وهو يصنع مسلوبا بحيث تصبح لحامات المونة ثابتة التخانة.

ج. عقود محكومة تبني بالطوب المقطوع والمحكومة للحصول على طوب مسلوب بحيث يعطي لحامات دقيقة جدا وتكون العقود إما مستوية أو منحنية وتكون موتورة أو نصف دائرية أو متعددة المراكز وبانحناءات مختلفة.

3. العقود العاتقة:

تستعمل العقود العاتقة لتتلق ما قد يتواجد من أحمال مركزة على الأعتاب ولنقلها إلى المباني الحاملة للعقود وتبني على هيئة عقود موتورة غشيمة تتكون من جنازير من الطوب كل منها بارتفاع نصف طوبة وتبني العقود العاتقة أعلى الأعتاب على حشو من الطوب فوق العتب بالشكل المطلوب للعقد.

4. العقود المقلوب:

تبني العقود أحيانا أسفل الجلسات أو في الأساسات في الفتحات الكبيرة نسبيا وذلك بغرض توزيع الأحمال الواقعة على الأكتاف توزيعا منتظما على أساسات مستمرة.

5. الوسادات الحجرية:

تبني هذه الوسادات بمونة مماثلة للمونة المستعملة في البناء مع العناية بارتكازها في مستوى أفقي تماما.

وقاية المبني أثناء عملية البناء: تراعى حماية المباني الجديدة من تأثير الأمطار لمنع تسييل مونة البناء.

6. الحوائط المفرغة:

عبارة عن الحوائط المكونة من حائطين من الطوب بينهما فراغ من4 – 8سم وتستعمل لها روابط معدنية.

ويراعي اتخاذ الاحتياجات الكافية عند تنفيذ المداخن الملاصقة للحوائط المفرغة لضمان سلامة الإنشاء والعزل الحراري.

في حالة المباني يراعي الحوائط الخارجية المفرغة أن ترتكز الأسقف على الجزء الداخلي منها – مع مراعاة الجهود لمسموح بها والواقعة على هذا الجزء كما يراعي ربط الجزء الخارجي بالجزء الحامل الداخلي على أن يؤخذ في الاعتبار أطوال وارتفاعات الجزء الخارجي وجهد التشغيل المسموح به للطوب ومناسبة التخانة لارتفاع الحائط الخارجي.

كذلك يراعي عمل فتحات للتهوية للحوائط المفرغة في منسوب الدور الأرضي على مسافات مناسبة.

ويجوز بناء حوائط مفرغة في حالة المباني الهيكلية لغرض العزل الصوتي والحراري بتخانات لا تقل عن 10 سم لكل جزء من جزئي الحائط المفرغ.

ويراعي عدم تساقط مونة المباني في الفراغ الداخلي للحائط أثناء البناء وإزالة تساقط المونة من سطح الطوب الرابط أولا بأول تبعا لتقدم مراحل البناء، وتعمل شاتش مناسبة في الجزء السفلى من الحائط الإزالة ساقط المونة قبل تصل بها.

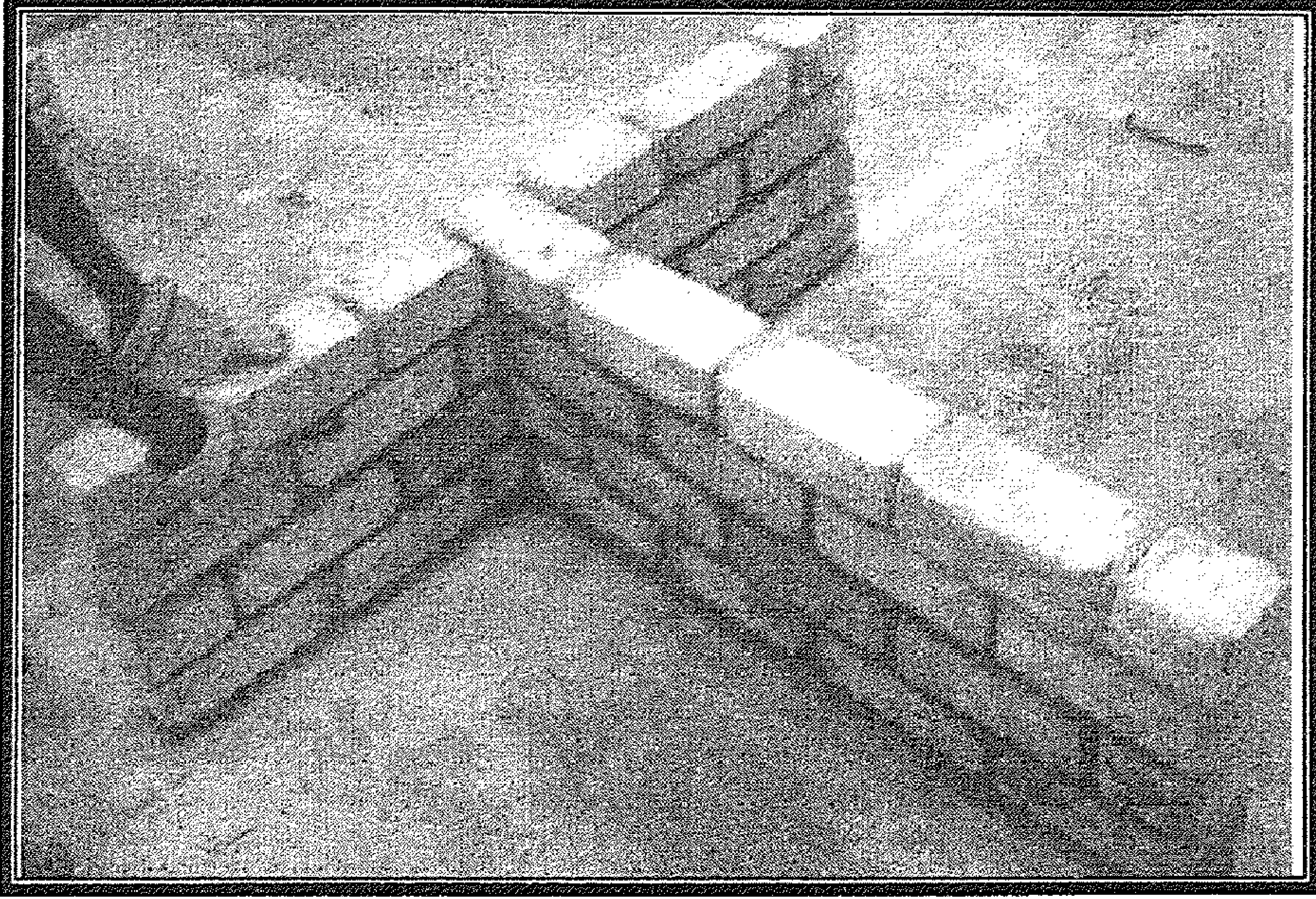
ربط الحوائط المفرغة:

يربط الجزأين للحائط بأربطة توضع أثناء البناء وتوزع تبادليا على مسافات متر واحد أفقيا، 050م رأسيا وتستعمل أربطة إضافية عند جانب الفتحات بواقع رباط واحد لكل 3 مداميك.

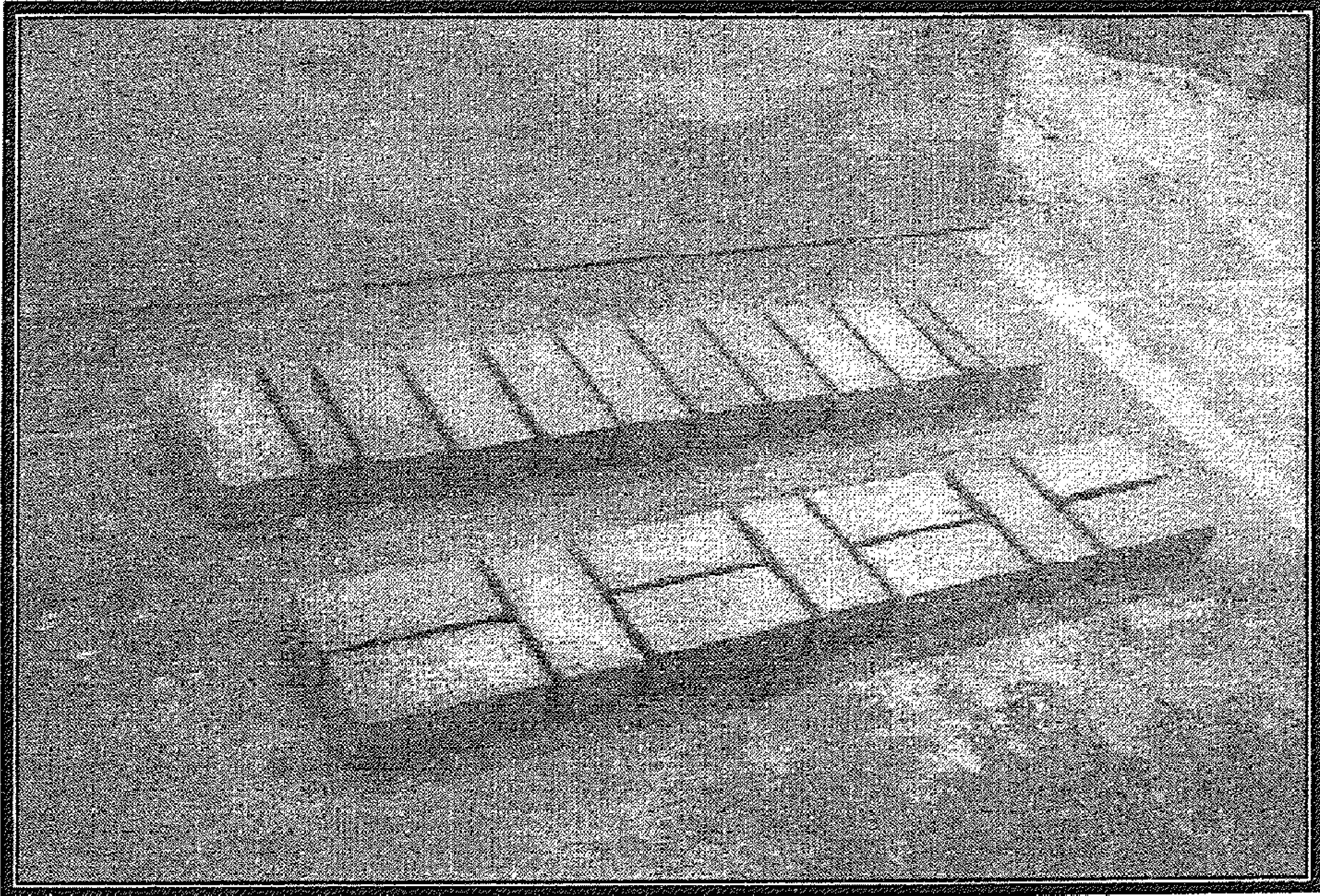
فوائد الحوائط المفرغة (المزدوجة):

1. عزل الحرارة.
2. عزل الرطوبة.
3. عزل الصوت
4. مقاومة الحريق ومنع انتشاره.
5. الاقتصاد في كمية الطوب والمونة
6. التخفيف من حمل المبني إذ قورنت بسمك االحوائط المصمتة.

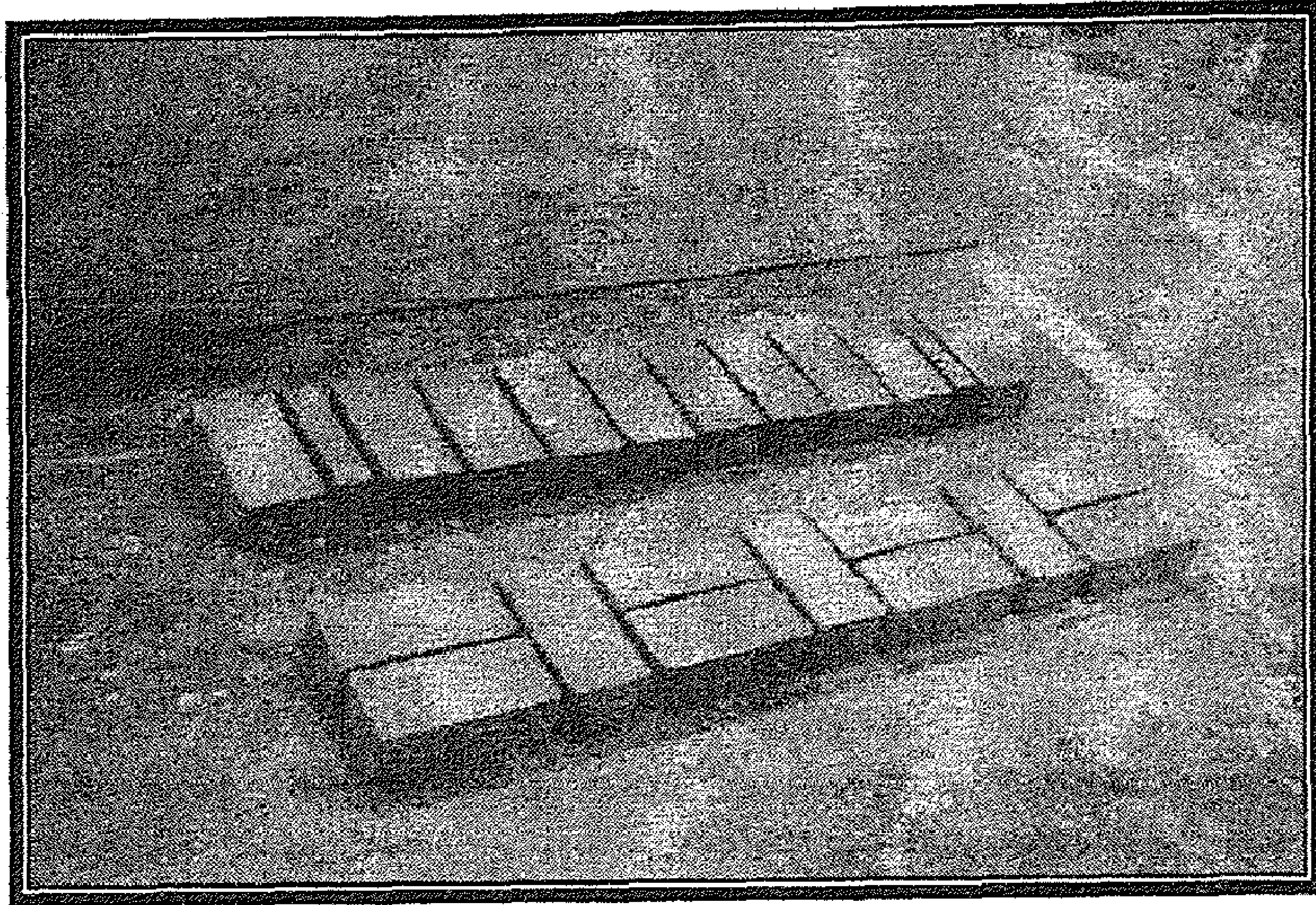
في البلاد الحارة يفضل عمل تلك الحوائط ببناء الحائط ذات السمك الكبير من الخارج والحائط ذات السمك الصغير من الداخل، وتكون العكس في البلاد الباردة.



الطريقة الإنجليزية



الفلمنكية المفردة



الفلمنكية المزدوجة

المصطلح	بيانها
١) المدماك : هو صف أفقي من الطوب محصور بين طبقتي لحام من المونة .	
	٢) اللحمات : وهي نوعان أ) لحام المرقد : وهو اللحام الأفقي للمدماك وهو طبقة المونة المحصورة بين كل مدماك وآخر . ب) العرموس : وهو طبقة المونة الرأسية بين القالب والقالب الذي يجاوره .
٣) الناصية : وهي الزاوية الخارجية للحائط ويقال للقالب الذي يبنى في رأس الزاوية (قالب الناصية) وهو الترويسة .	

المصطلح	بيانها
٤) **الترويسة :** هي أول قالب أدية يوضع في رأس زاوية الحائط ويليه الكنيزو .	
المدماك الثاني (شناوي)	٥) **الشناوي :** هو أكبر مساحة قالب في الواجهة .
٦) **الأدية :** هو أصغر مساحة قالب في الواجهة.	المدماك الأول (أدية)

٧) الكنيزر :

هو نصف من قالب طوليا .

يعد أول قالب آدية (كنيزر)

٨) الطليه:

هي المسافة الأفقية المحصورة بين كل لحامين رأسيين في مدماكين متتاليين .

مقدار الطلية في حائط سمك نصف قالب يساوي نصف قالب .

مقدار الطلية في حائط سمك قالب تساوي ربع قالب .

مقدار الطلية في حائط سمك نصف قالب يساوي نصف قالب	مقدار الطلية في حائط سمك قالب يساوي ربع قالب

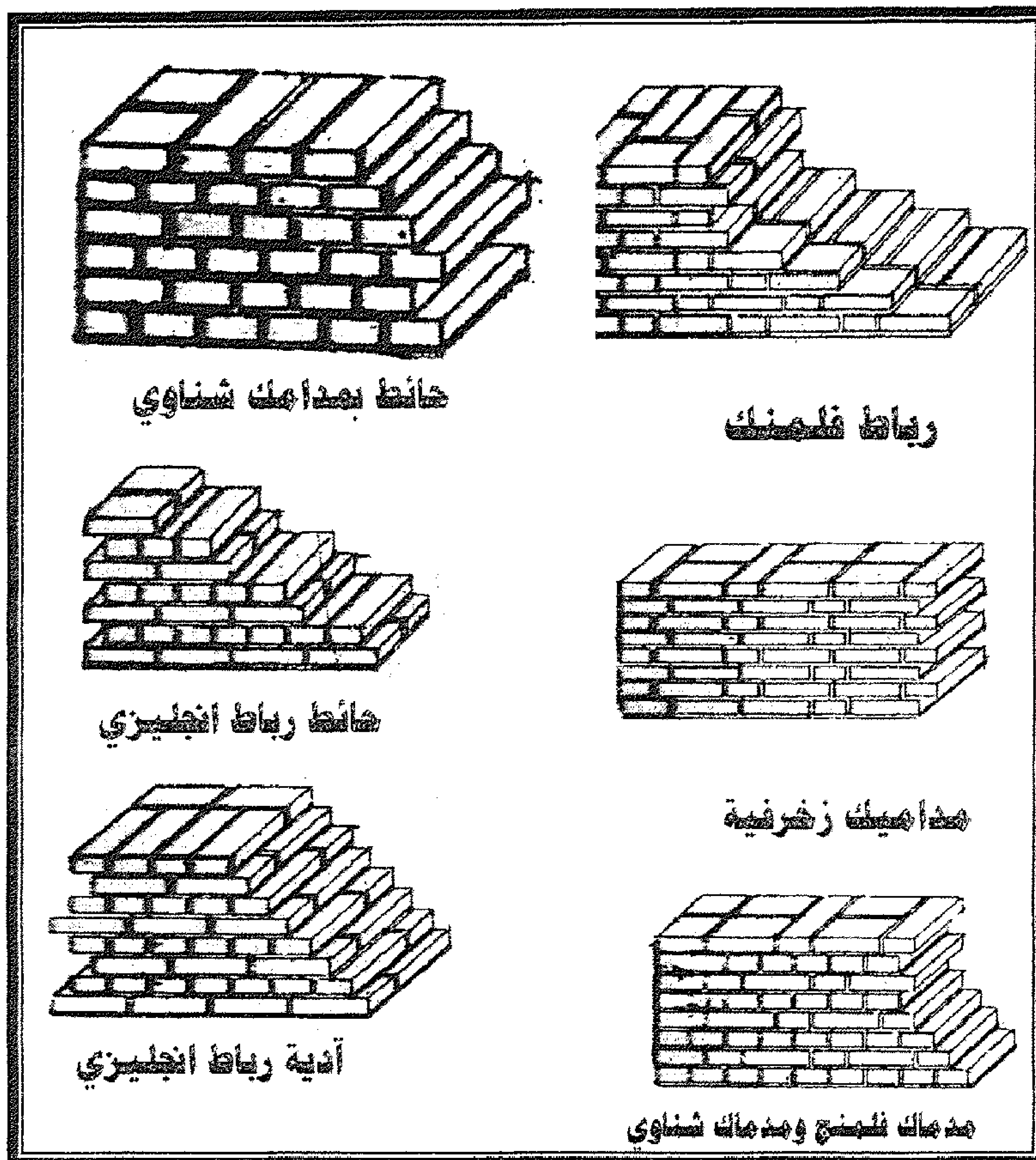
٩) كسور القوالب :

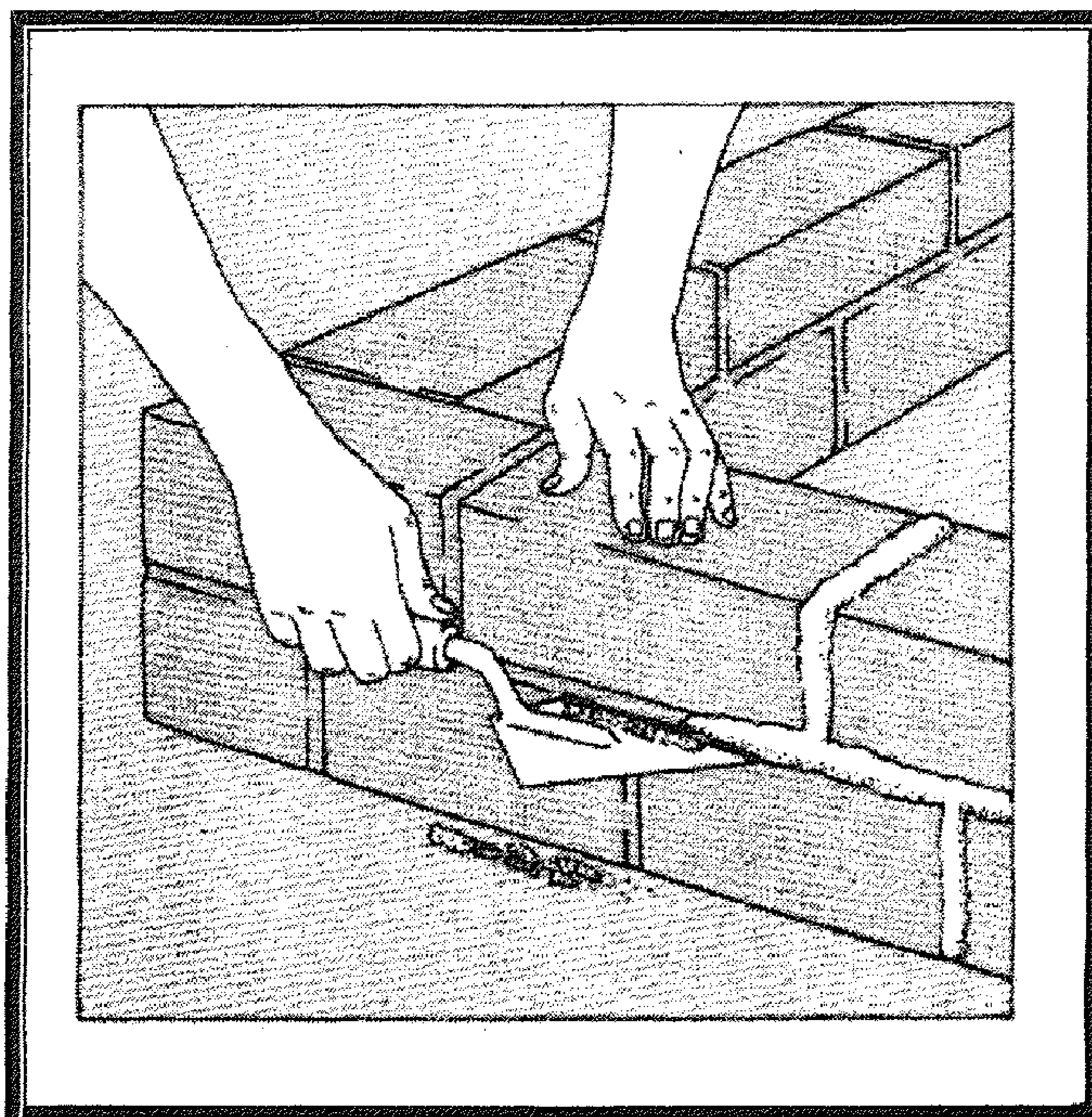
وتستعمل حسب الطلب وتسمى تبعا لحجمها (ربع قالب ، نصف قالب ، ...الخ) .

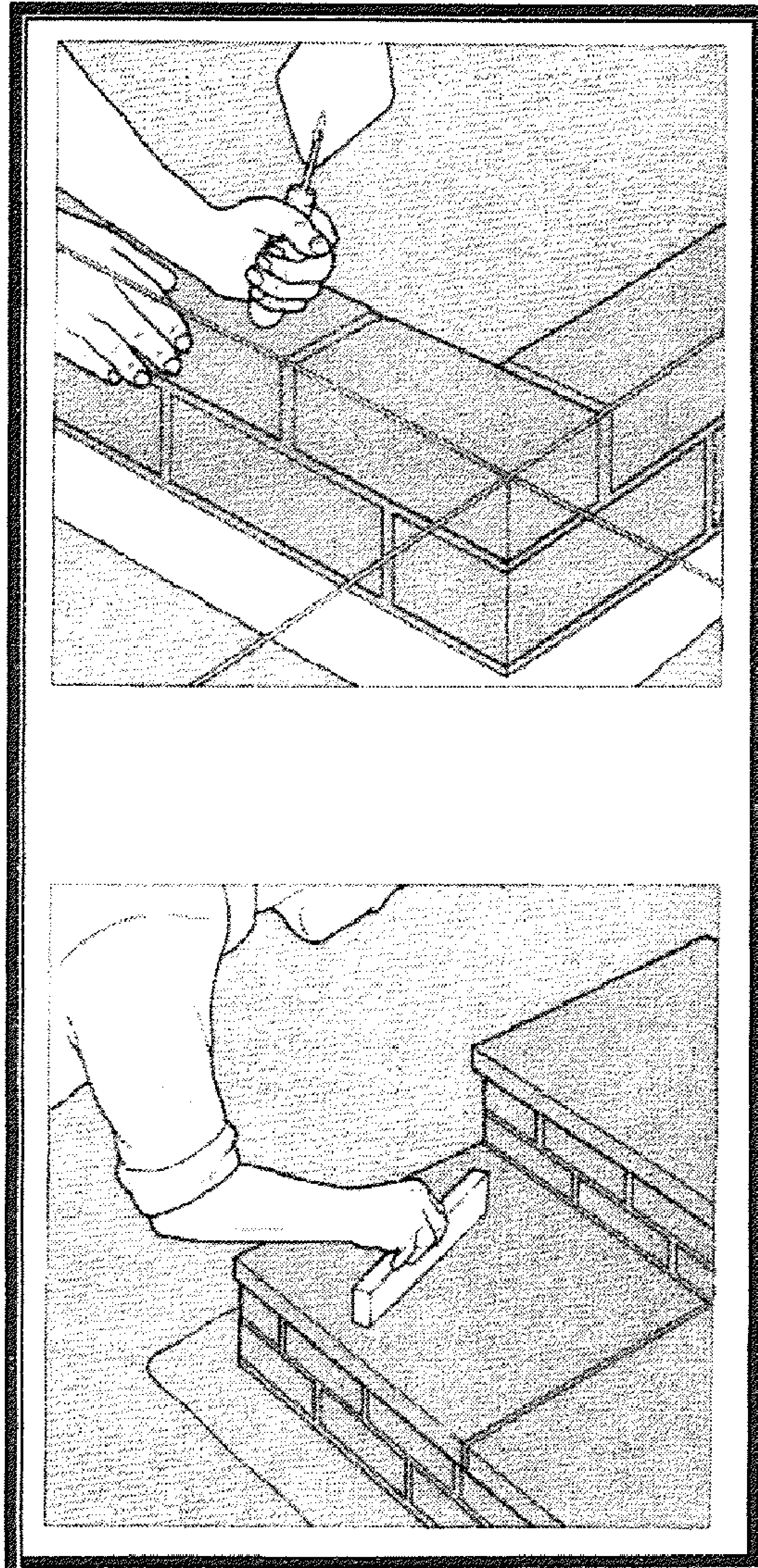
كنيزر (نصف قالب طوليا)	نصف قالب (نصف قالب عرضيا)

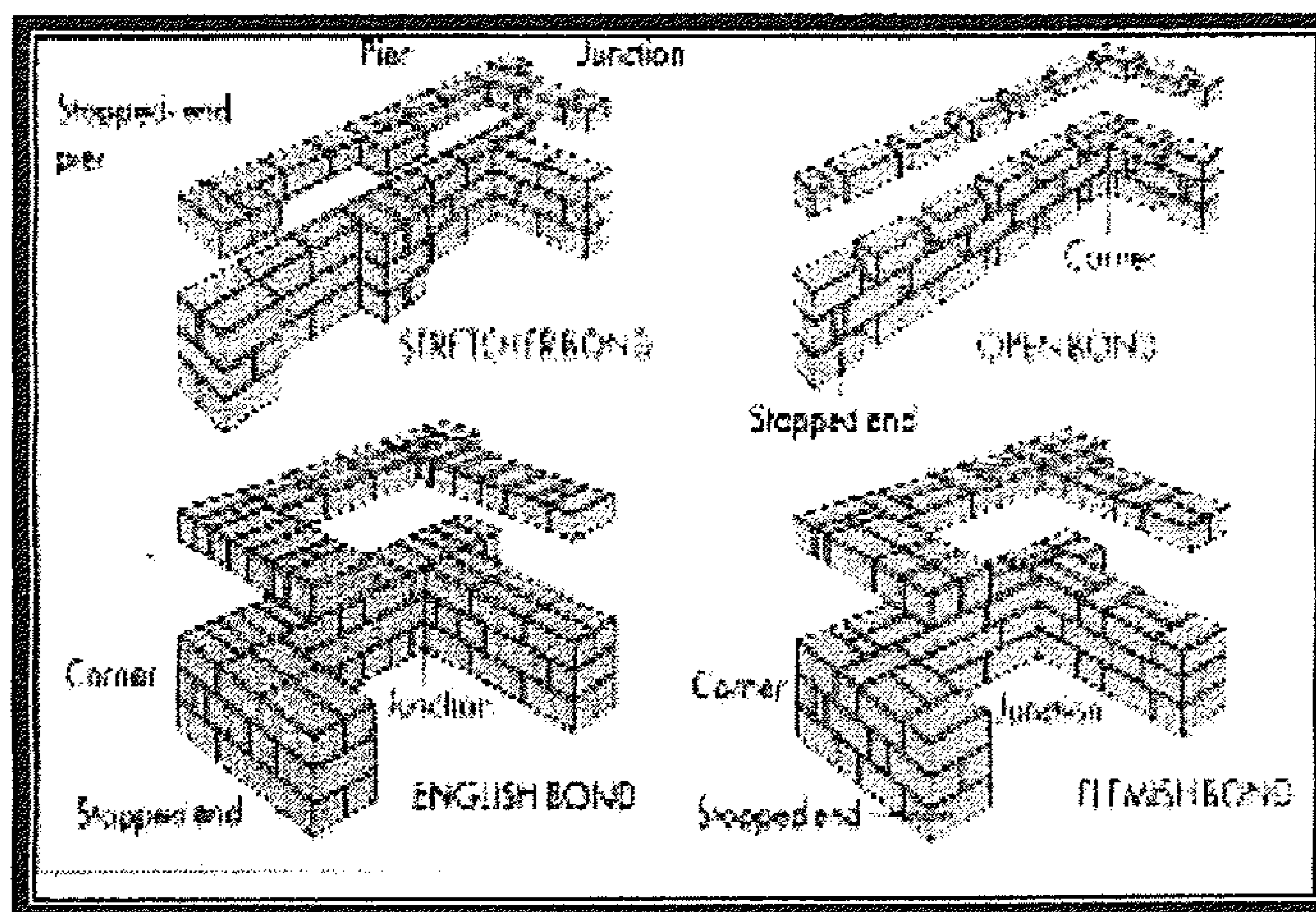
قالب	ثلاثة ارباع القالب

المصطلح	بيانها
١٠) الأعتاب : وتعمل في المباني بالأحجار أو بالطوب بطريقة خاصة.	
	١١) بطنية العتب : وهو الجزء السفلي للعتب ومثلها بطنية السقف أو الكمرة .
١٢) الشنايش : الشنيشة هي فتحة تعمل بالحائط لتركيب عرق لزوم السقاله أو لأي غرض أخر.	


حائط بمداميك شناوي
رباط فلمنك
حائط رباط انجليزي
مداميك زخرفية
آدية رباط انجليزي
مدماك فلمنج ومدماك شناوي






Pier
Junction
Corner
Stopped end
Corner
Junction
Stopped end
ENGLISH BOND
Corner
Junction
Stopped end

الفصل الرابع

4

حجر البناء

حجر البناء

عرف الحجر كمادة أساسية للبناء منذ فجر التاريخ، وقد امتازت كل حضارة من الحضارات التي تعاقبت على أي بقعة من العالم بنمط خاص يميز مساكنها و قصورها ومعابدها وقد تركت آثارها بصمات واضحة على النمط المعماري الذي نحتت فيه حجارة منشاتها أو طريقة البناء أو نوع الحجر.

تعريف الحجر:

هو ما كان أصل المادة المكونة له طبيعية.

1. الصخور النارية: وتتكون نتيجة انصهار المعادن (غالباً نتيجة البراكين) وتمتاز بألوانها القاتمة، ومساميتها القليلة، وقوتها العالية، ووزنها الثقيل، ومن الأمثلة عليها الجرانيت ويمتاز بأنه عالي التجانس ونفاذيته قليلة وقوته كبيرة ويتوفر بألوان مختلفة.
2. الصخور الرسوبية: وتتشكل نتيجة تراكم طبقي على فترات طويلة، وتمتاز بوجودها على هيئة طبقات، ويكبر مساماتها، واحتمالية وجود مواد عضوية فيها، كما تمتاز بضعف قوتها.
3. الصخور المتحولة: وهي أساساً صخور رسوبية، ولكن نتيجةً للضغوط تحول تركيبها النسيجي إلى تركيب آخر يختلف عن الصخور الرسوبية، ويمكن القول أنها خليط بين النوعين السابقين. لذا فان صفاتها تقع بين النارية والرسوبية فهي أقل جودة من الصخور النارية من حيث القوة والمسامية والوزن وأفضل من الصخور الرسوبية.

مواصفات حجر البناء:

ولا بد أن تتوفر عدة صفات حتى يصبح الحجر مناسبا لاستخدامه لإغراض البناء ومن أهمها وقد تم إجراء دراسات مستفيضة من قبل مركز بحوث البناء في الجمعية العلمية الملكية وتم تحديد المواصفات القياسية لحجر البناء من قبل دائرة المواصفات والمقاييس ووزارة الأشغال العامة حيث تم تصنيف الحجر إلى 3

فئات حيث الخصائص الهندسية وهي الأصناف أ، ب، ج. ومن أهم خصائص حجر البناء ما يلي:

امتصاص الماء (امتصاص الحجر للماء):

الحجر الأفضل هو الحجر الأقل امتصاصا للماء، وتزداد نسبة الامتصاص بسبب زيادة المسامية للحجر أو زيادة نسبة المعادن الطينية في الحجر. سيغير لون الحجر بعد تركيبه وتعرضه للماء أو امتصاص ماء الخرسانة الإسمنتية عند إتمام عملية الصب ولا بد من التنويه إلى انه لا بد من الموازنة بين رغبة أصحاب المشاريع بالحصول على حجر ذو امتصاصية متدنية و رغبتهم بالحصول على حجر ذو لون موحد ففي الغالب تكون الحجارة الأقل امتصاصا للماء اقل توحيدا في اللون وقد تراوحت نسبة الامتصاص لعينات مختلفة من الحجر ما بين 0.5٪ و 12٪ وان زيادة نسبة الامتصاص. وحسب المواصفات القياسية الأمريكية ASTMC97 يجب أن لا يتجاوز الامتصاص 3٪، 4.3٪، 7.5٪ للأصناف أ، ب، ج على التوالي.

الوزن النوعي:

هنالك عوامل وثيقة بين الوزن النوعي للحجر ونسبة الامتصاص وفي معظم الحالات يتناسب الامتصاص عكسيا مع الوزن النوعي وهذا يعني أن التفاوت الذي نلاحظه في الامتصاص سنلاحظه في الوزن النوعي وفي الكثافة وقد تراوحت كثافة عينات لأنواع مختلفة من الحجر الأردني ما بين 1.88 – 2.7 في حين أن المواصفات الأمريكية ASTMC97 حددت الكثافة ما بين 2.16 – 2.7. وتبلغ قيم الكثافة للأنواع أ، ب، ج (2.56، 2.45، 2.16 على التوالي).

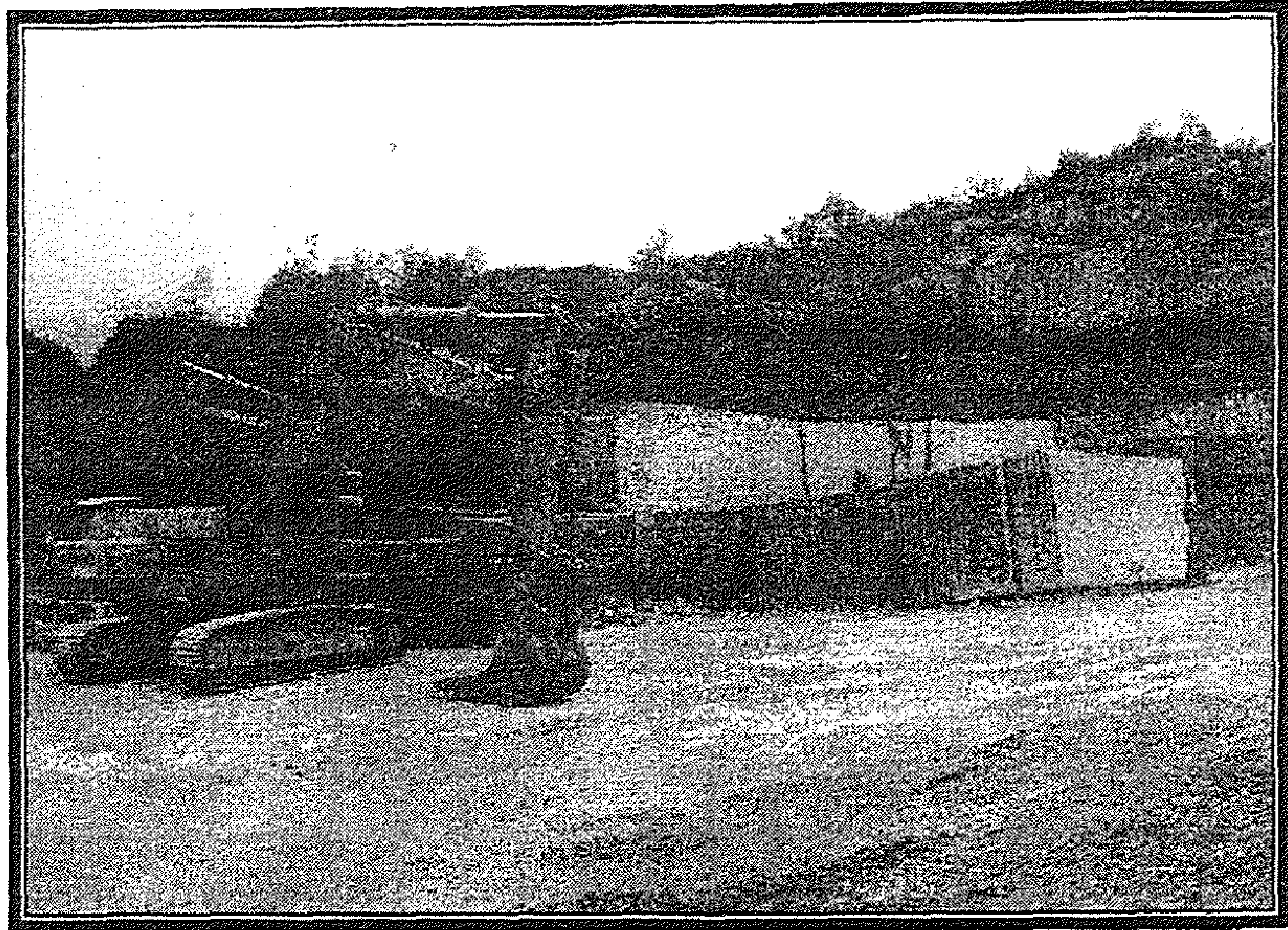
مقاومة الكسر:

حددت المواصفة الأمريكية ASTMC97 مقاومة الكسر للأصناف أ، ب، ج (55، 47، 28 على التوالي) وقد تراوحت قيمة مقاومة الكسر في أنواع مختلفة من الحجر الاردني بين 11– 123.

ب. التأكد من الجدوى الاقتصادية لاستخراج الحجر من الموقع من حيث كمية الاحتياطي وعمق طبقة الحجر المنوي استخراجها وسمك الطمي فوق الطبقة.

* وتتم عملية الإستخراج على النحو التالي:

أ. إزالة الطمي من فوق الطبقة المنوي استخراج الحجر منها وتنظيف سطح طبقة الحجر الخام وتتم هذه العملية غالبا باستخدام الجارفات.



أحد المحاجر التي يستخرج منها الحجر

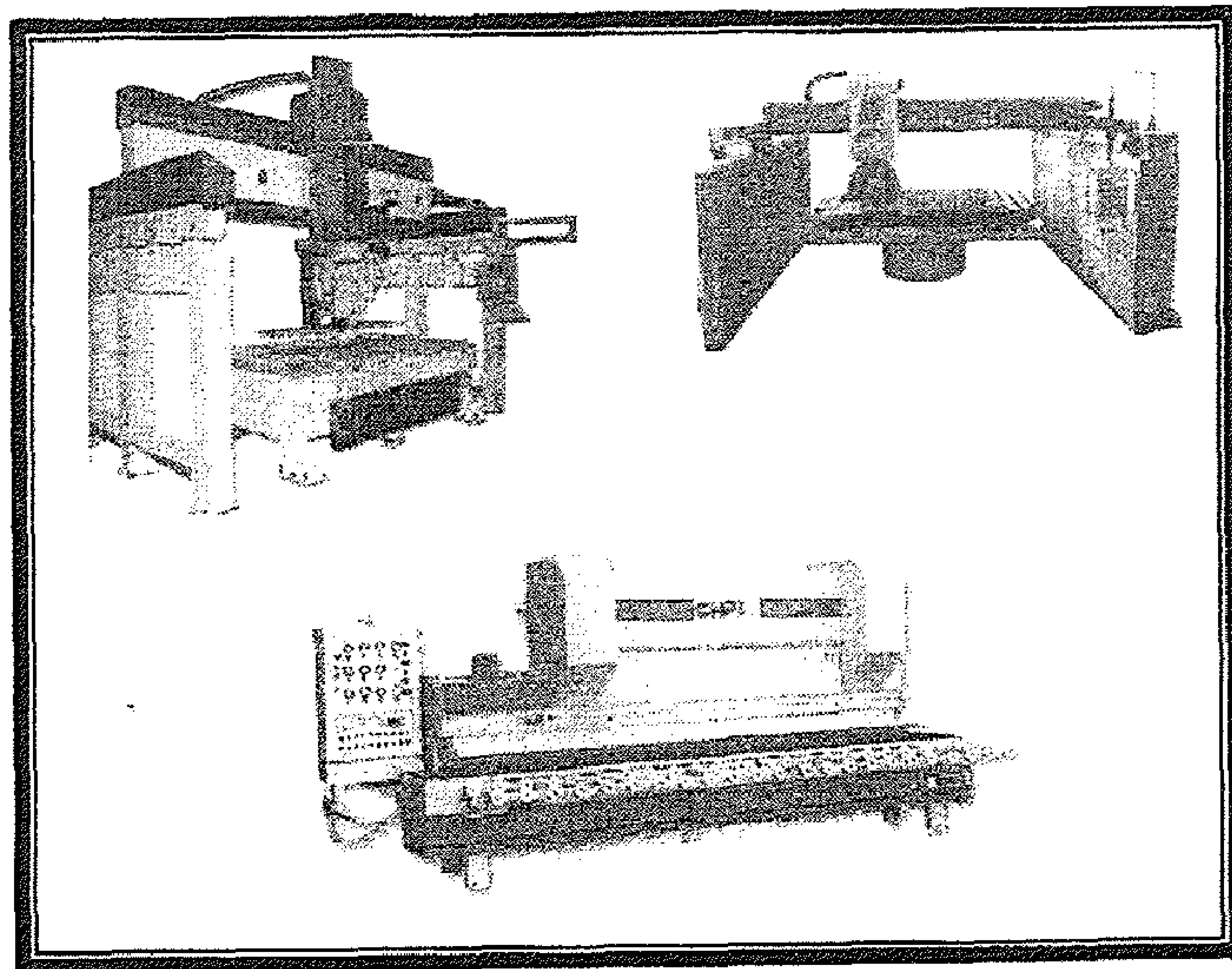
ب. عمل الثقوب في الطبقة الصخرية وتكون هذه الثقوب متعامدة مع ميل الطبقات بمسافات مناسبة وذلك عن طريق استعمال الأسافين أو المواد المتفجرة لفصل الطبقة الصخرية إلى كتل صخرية. وهذه العملية تتم على النحو التالي:

يثقب الصخر بواسطة آلة يدوية تسمى المخل، والمخل هذا قضيب من الفولاذ مسدس الأضلاع يبلغ طوله مترين وقطره ثلاثة سنتمترات ورأسه مبسّط كرأس الإزميل يأخذه عامل شاب قوي الساعدين فيطرق به ويفتله في أثناء الطرق حتى يُحدث في الصخرة ثقباً ويبقى على هذا الطرق حتى يبلغ عمق الثقب خمسين

سنتمتراً فيملأ هذا الثقب بالديناميت ثم يفجر الديناميت وتتفجر معه الصخور بأحجام مختلفة ثم تفصّل تلك الصخور تفصيلاً أولياً بحسب ما يقتضيه البناء منها.

ج. يتم تشذيب الكتل الصخرية بحيث يسهل نقلها والتعامل معها. وتنقل الكتل الصخرية إلى موقع التصنيع وفي بعض المشاريع تنقل هذه الكتل لاستخدامها بشكل مباشر في المنشئات. في موقع التصنيع المنشار تقس الحجارة باستخدام مناشير كهربائية إلى قصع بمقاسات مناسبة حسب المواصفات المطلوبة. مع مراعاة أن القياسات الشائعة هي:

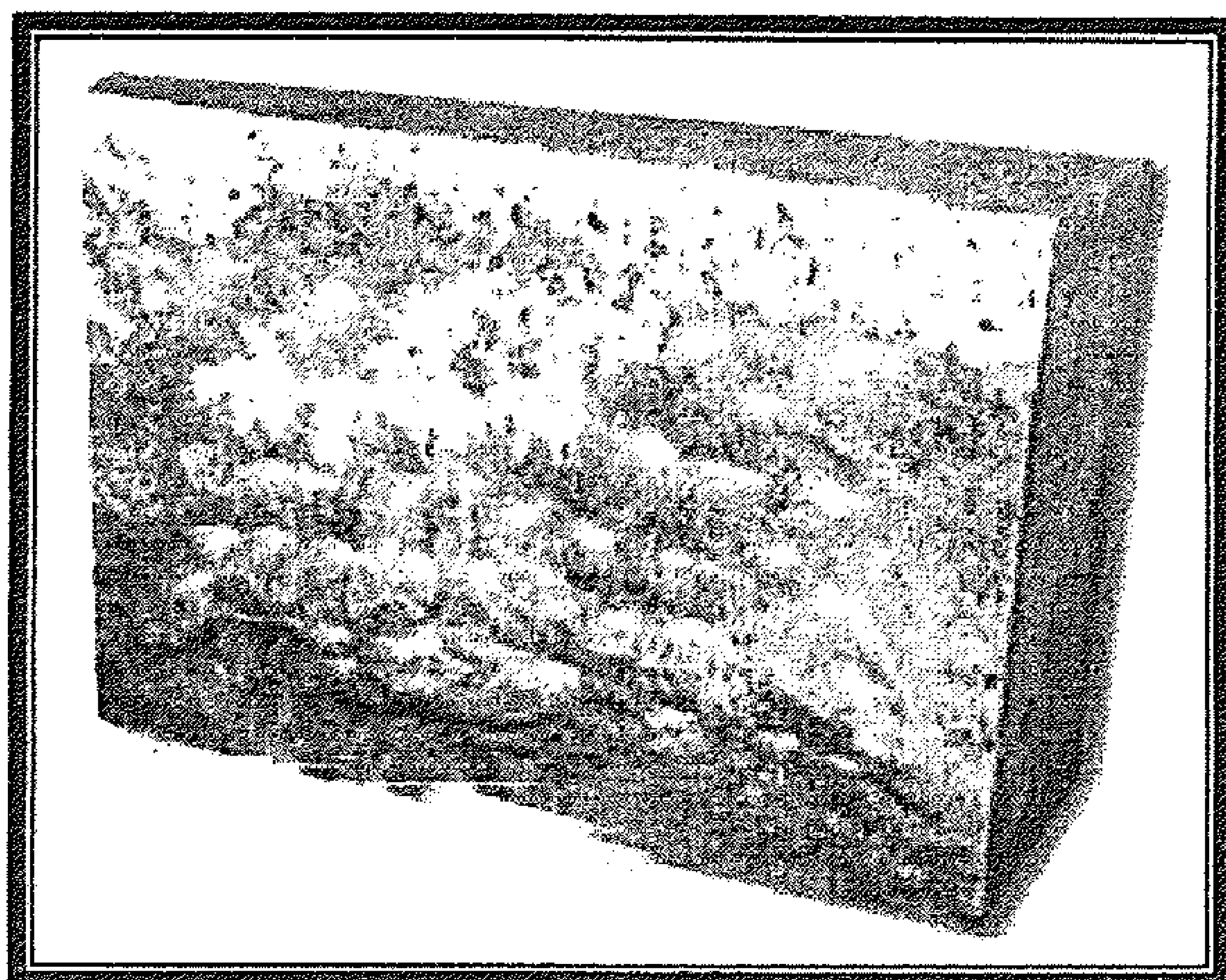
1. ارتفاع الحجر (المدماك) 25سم أو 12.5سم.
2. طول لحجر يتراوح بين 35– 70سم مع مراعاة أن القطع الأصغر تستخدم لإكمال الواجهات.
3. سمك الحجر (الدمغ) يكون سمك الحجر حسب المواصفات الشائع في الأردن 5– 7سم للحجر الذي يستخدم في بناء الواجهات مباشرة ويمكن استخدام حجر سمك 3 سم للتلبيس (قشرة) ويجب مراعاة إحداث حفرة في ظهر الحجر المقصوص بالمنشار لكي يسهل تماسك الحجر مع الملاط أو على دمغ الحجر أذا كان معد للتلبيس ليسهل تماسك الواجهة الحجرية.



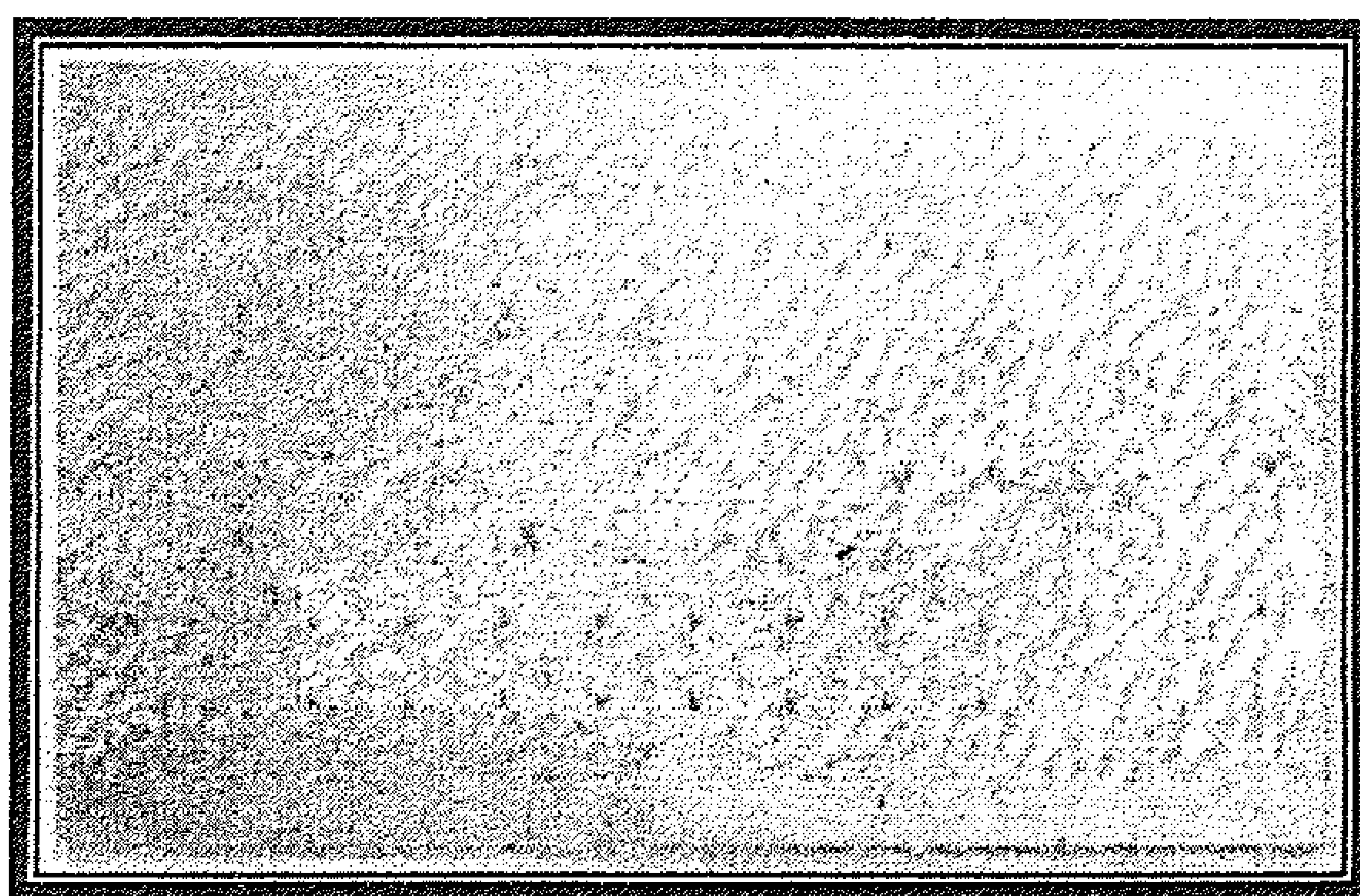
بعض أشكال المناشير الخاصة بالحجر

أنواع أحجار البناء (من حيث التهذيب/التشكيل):

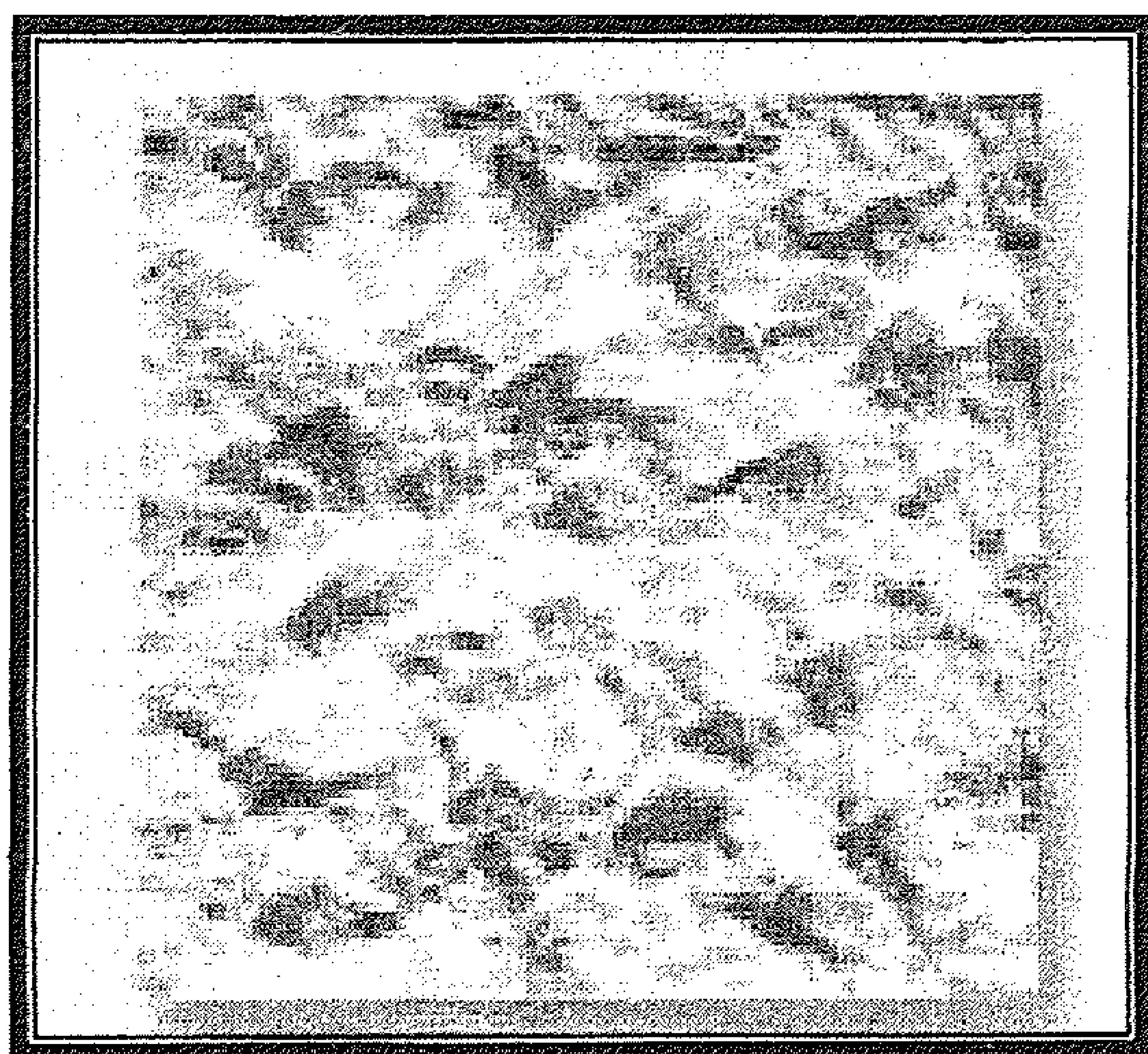
1. الحجر المنشور: وهو الحجر الذي سطحه ناعم كما يورد من المنشار إلى الموقع ويتم قص وجهه بواسطة المنشار الآلي.
2. الحجر الغشيم: كتلة حجرية لها سطح مستوٍ دون تهذيب أو تشكيل.
3. حجر المطبة: يتم طب ونقش الحجر بالمطبة وبشاحوطة سن (10 أو 12 أو 14) بعد قصه بالمنشار الآلي ويزال آثار قص المنشار أي يتم نقش سطح الحجر بنقش ناعم وخفيف.
4. الحجر المسمسم: يتم تحديد إطار حول سطح الحجر ومن ثم يتم نقش الحجر داخل الإطار بواسطة الشوكة أو الإزميل بزاوية 45 أو بشكل عامودي أو أفقي وبشكل منتظم لإزالة القشرة الخارجية فقط بمعدل 5ملم.
5. حجر الطبزة: يتم تحديد إطار حول السطح ومن ثم نقش وتشكيل الحجر بسطح خشن عشوائي للحصول على شكل محدب والابتعاد عن الشكل المستوي ليظهر السطح محدبا.
6. الحجر المفجر: يتم نقش وتشكيل الحجر على كامل السطح بنقش أكبر وأعمق من النقش المسمسم، وهذا النوع لا تستخدم به كحلة الحجر ويسمى أيضا الحجر المنقور.
7. حجر البرميل: يتم تشكيل سطح الحجر على شكل نصف أسطواني لذلك يحتاج إلى كتل حجرية سميكة ويحتاج إلى جهد وكلفة عالية.
8. الحجر المهزر: وهو الحجر المورد إلى الموقع دون نقش أو تشكيل ويتم استخدامه بكثرة للأرضيات حيث يخلو من الزوايا الحادة ويكون عشوائي الأشكال ويسمى أحياناً (الشحف) وتظهر به خطوط المنشار الآلي عند القص كتموجات تعطي ملمس للحجر.
9. الزملة: وتكون مصاحبة لاي نوع من أنواع النقش بالإضافة إلى شريط مستقيم ينقش غلى أطراف الحجر كالبرواز.



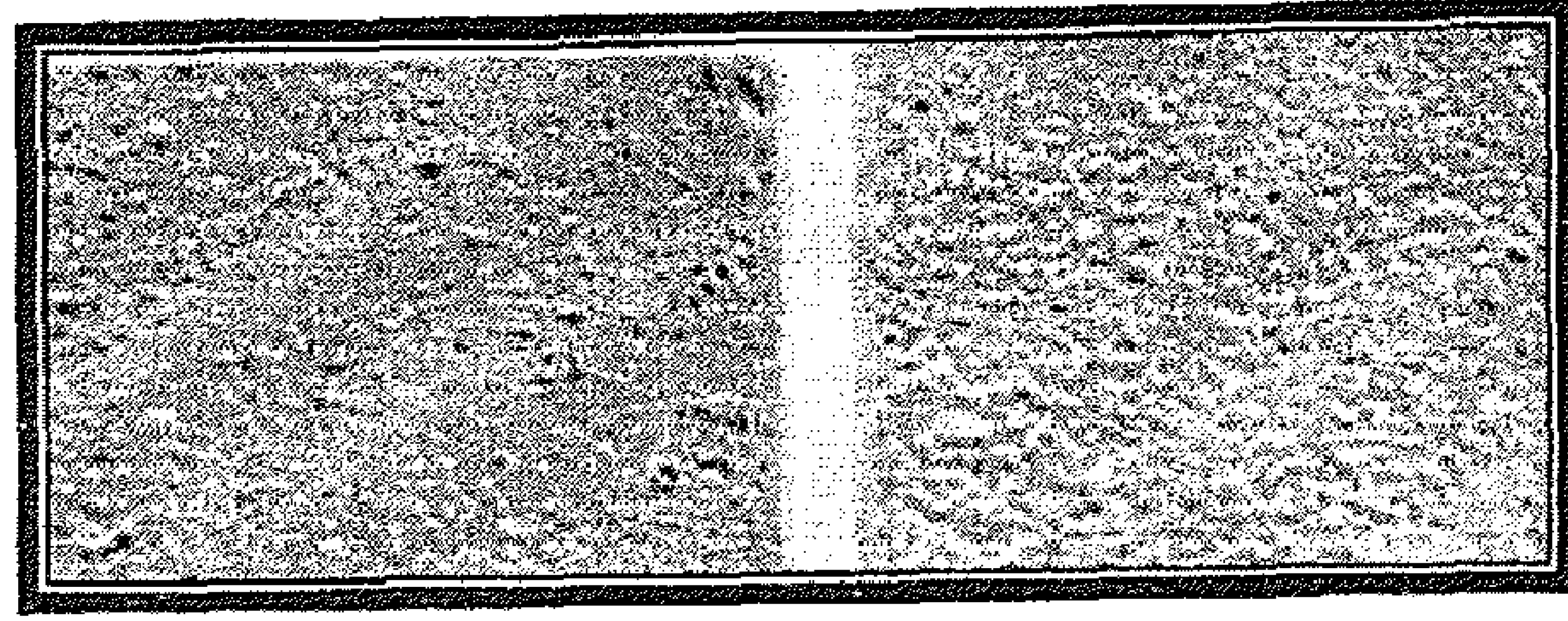
حجر طبزة



حجر مسمسم



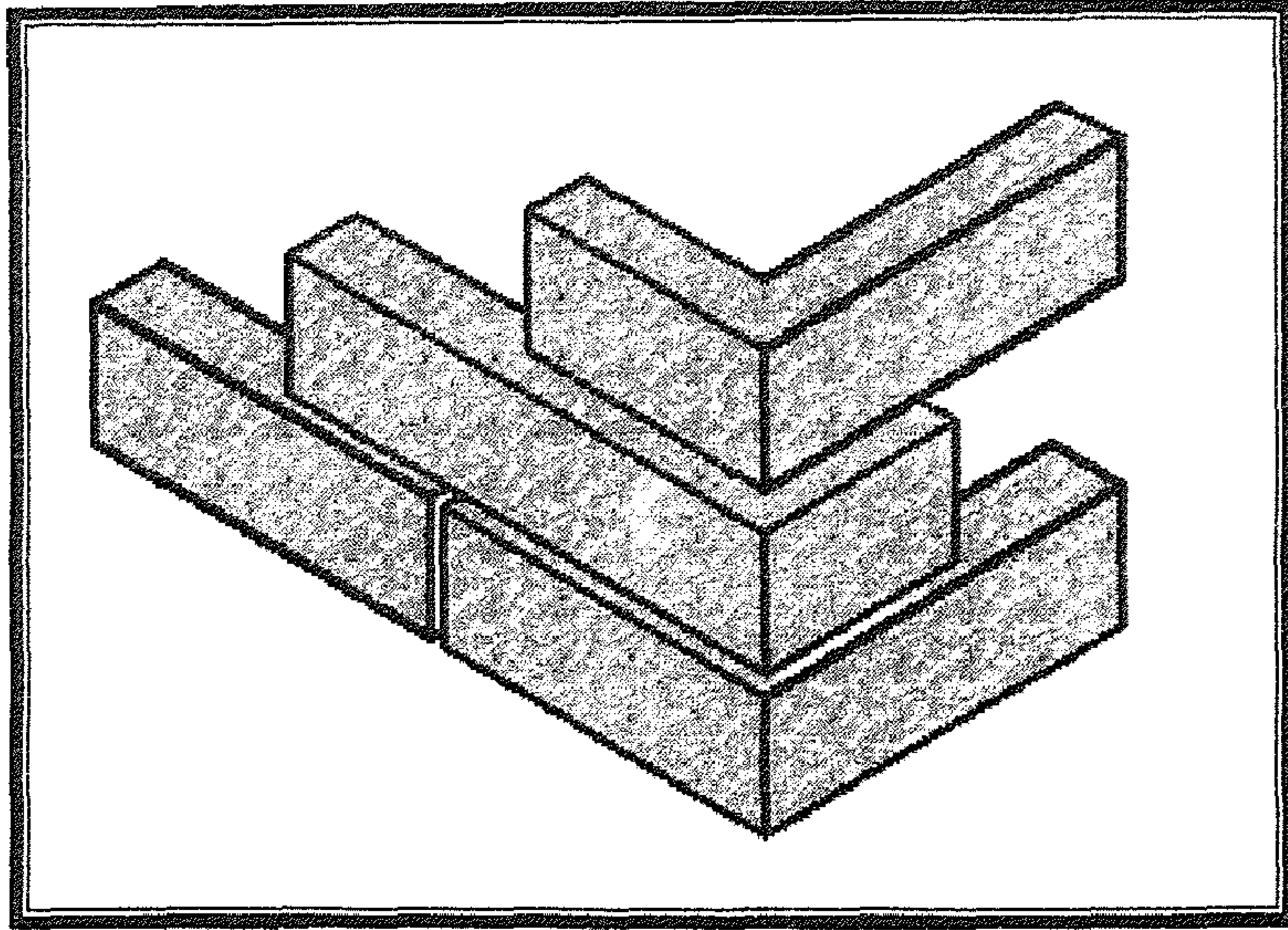
حجر مفجر



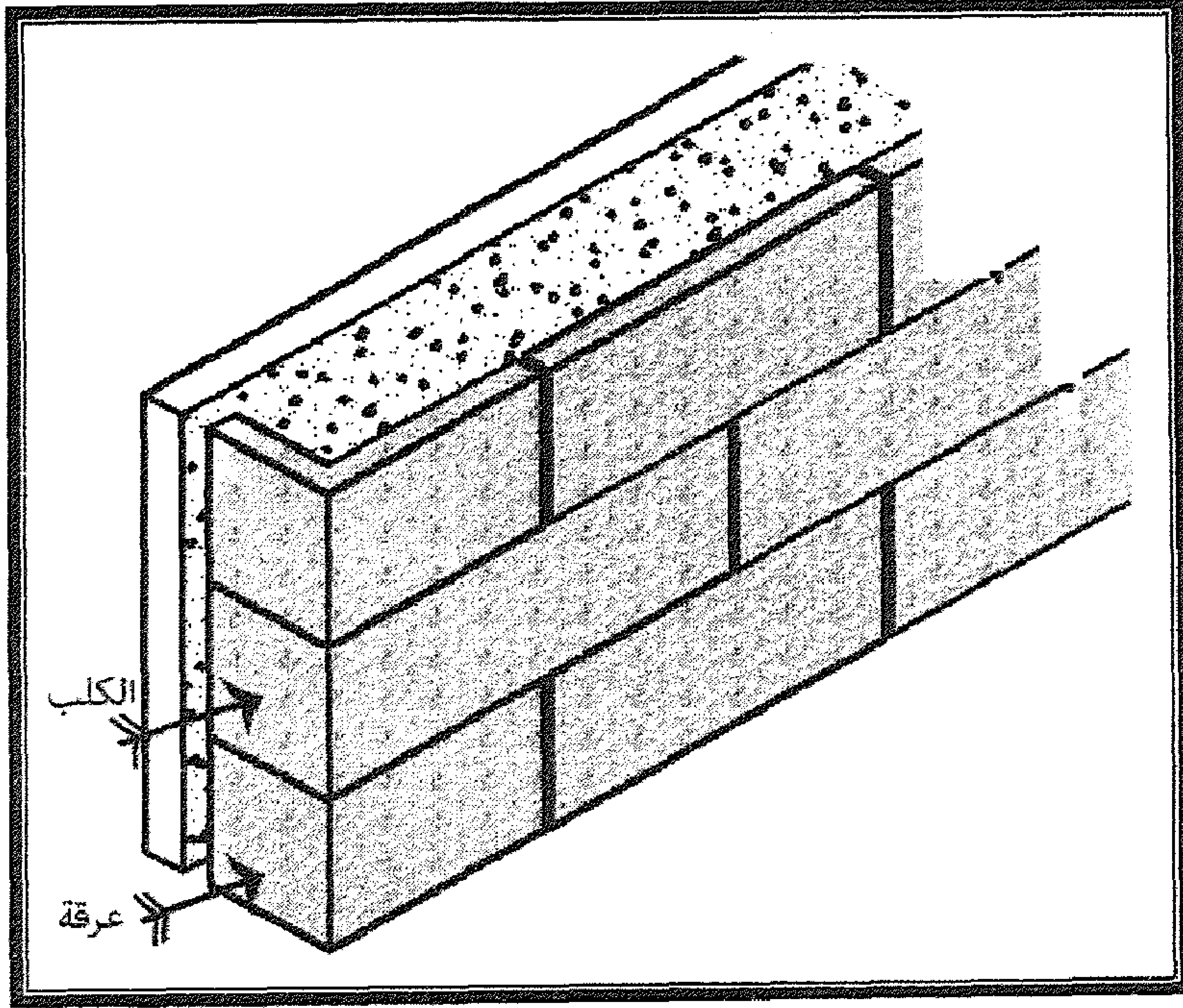
حجر مطبة

أنواع القطع الحجرية المختلفة:

1) **الزوايا:** يتكون حجر الزاوية من كتله حجرية ذات وجهين معمرين (منقوش) حسب الشكل المطلوب، ويجب أن لا يقل طول الجانب القصير عن ارتفاع المدماك والجانب الطويل عن ضعفين ارتفاع المدماك، يجب أن تكون الزوايا شاقولية (عمودية) وسطح حوافها ناعمة ملساء، وتكال كل قطعة زاوية مترا طولياً واحداً.

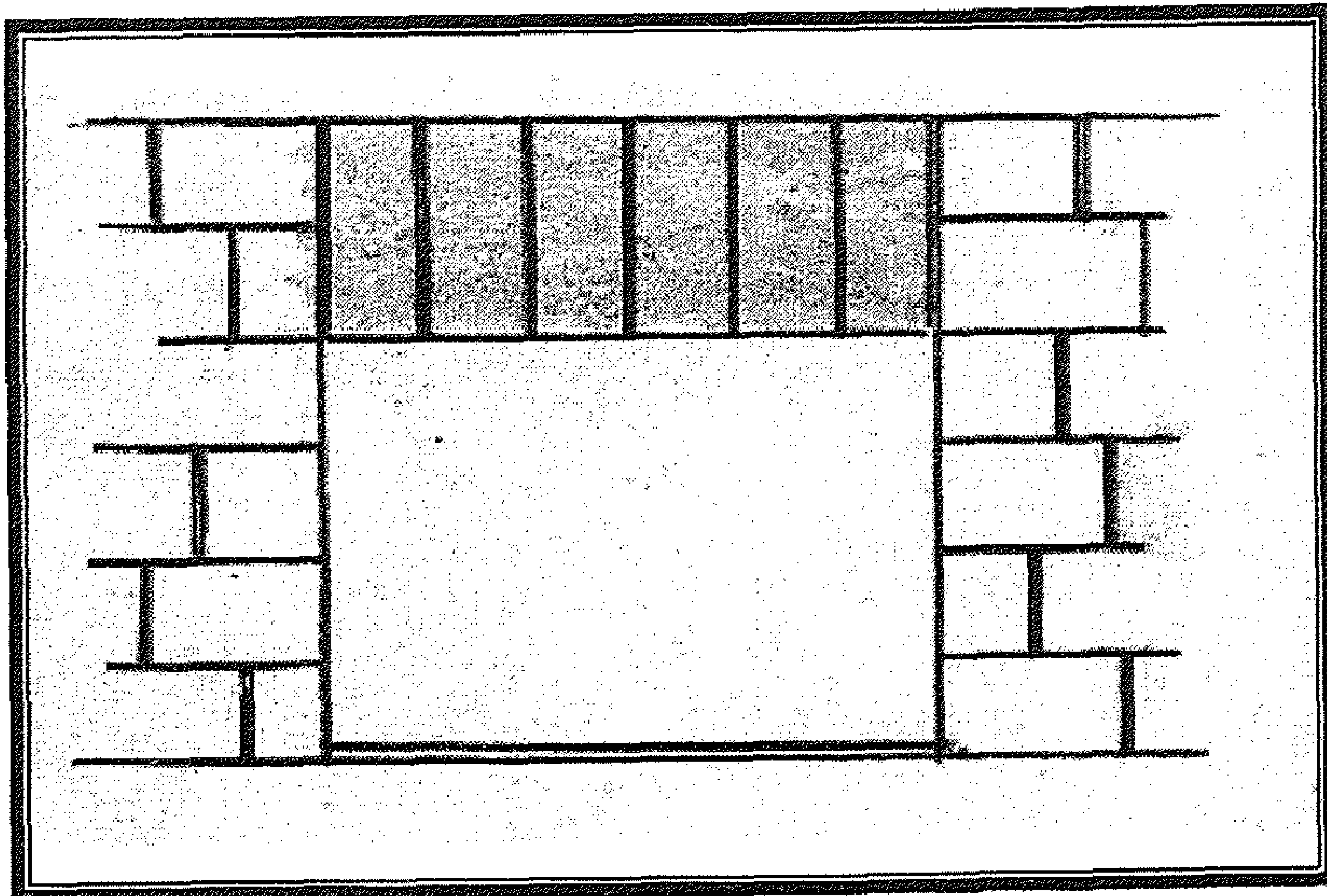


2) **السلاحات:** وهي الأحجار التي تكون على جوانب الشبابيك والأبواب، ويهذب الجانب المجاور لحلق الباب أو الشباك بالمطبة الناعمة سن 14، وتتكون السلاحات من قطعتين متتاليتين إحداهما طويلة ويبدأ العمل بها وتسمى (كلب) والقطعة الثانية القصيرة وتسمى (العرقة) كل قطعة تكال متراً طوليا واحداً.

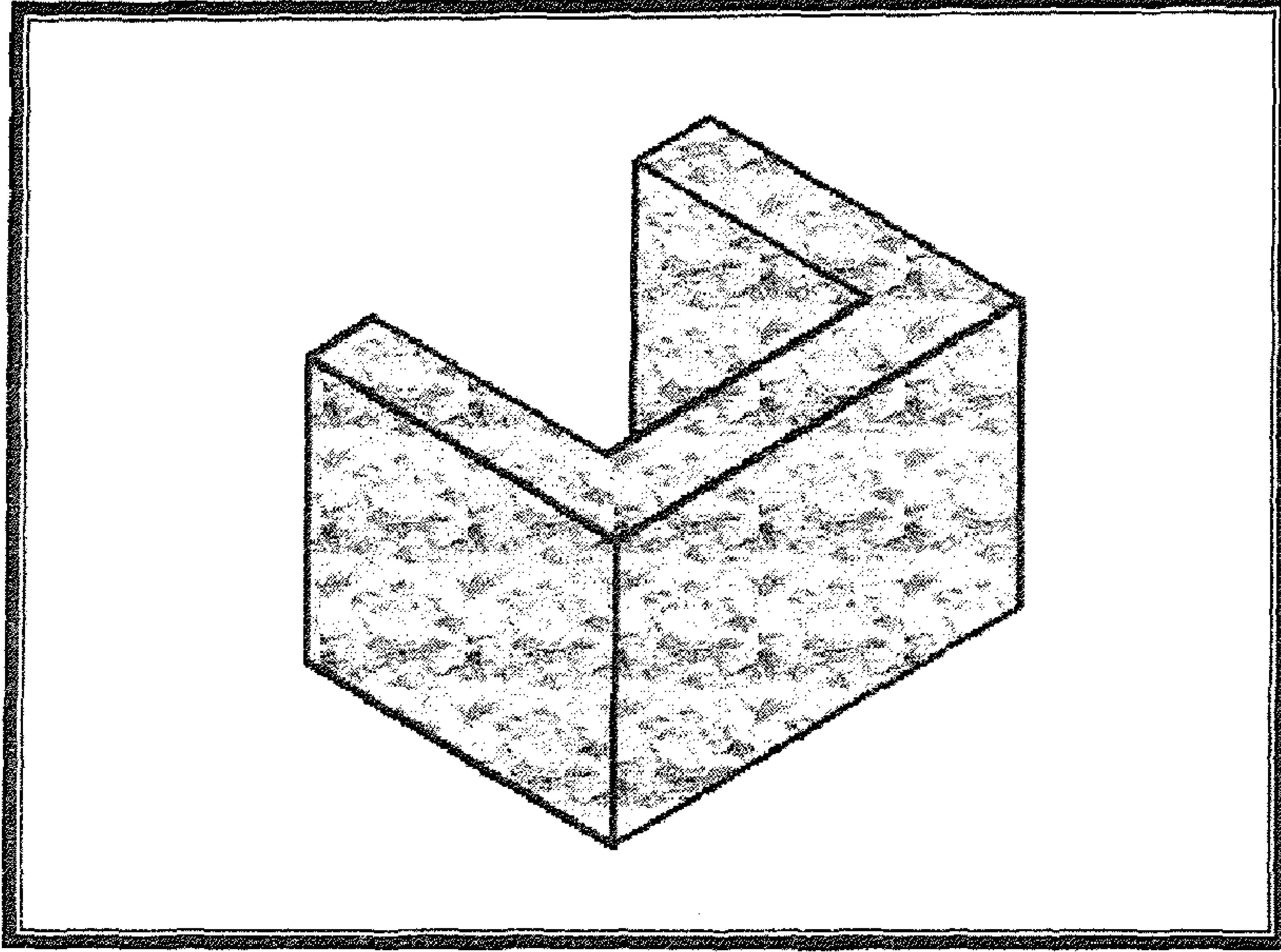


شكل يوضح قطع الدساتير (1/الكلب و 2/العرقة)

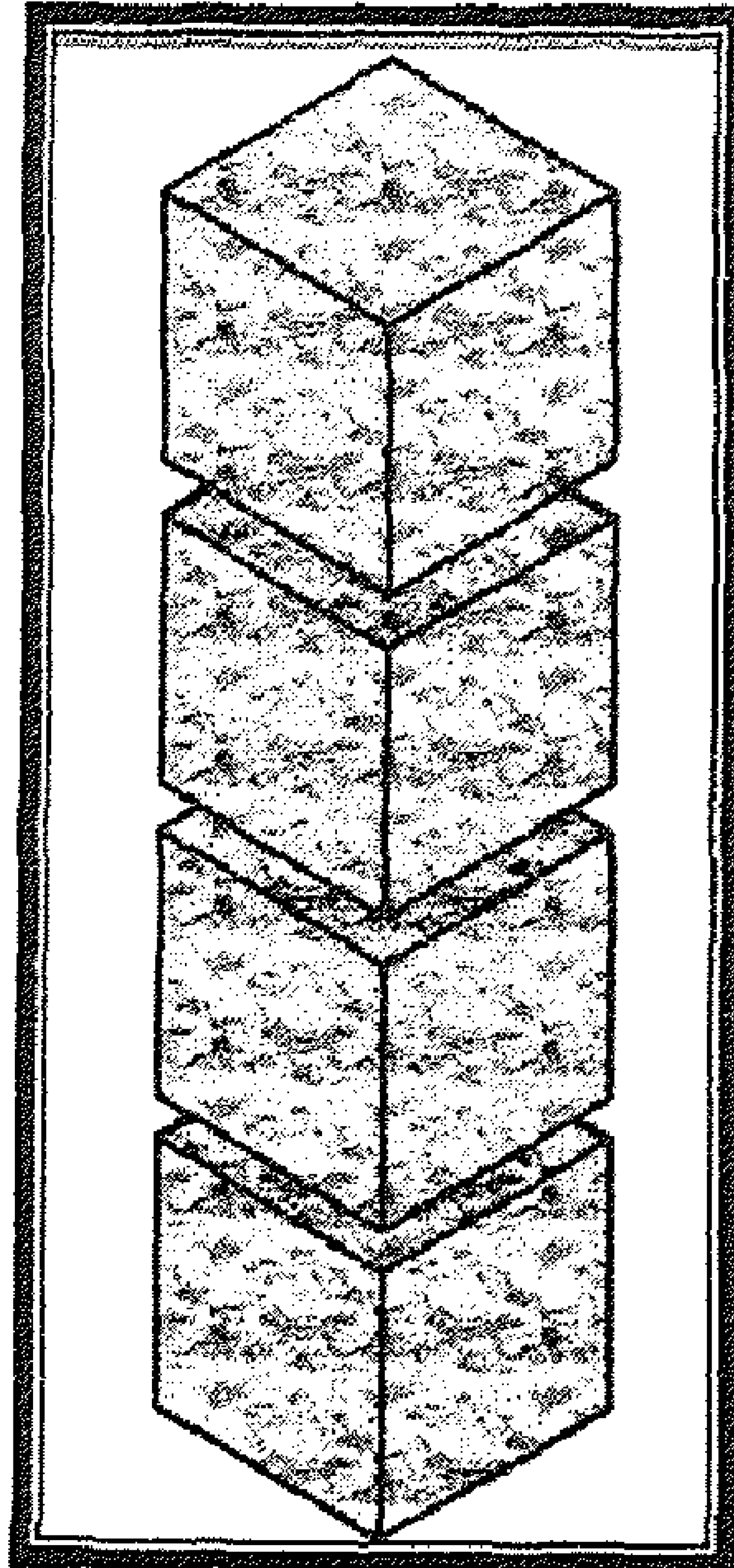
3) **القموط**: وهي القطع الحجرية التي تعلو الأبواب والشبابيك، ولها وجهين، القصير يهذب بالمطبة ليثبت عليه حلق الباب أو الشباك والوجه الآخر عادةً يكون طويل بارتفاع مدماكين، ويصب خلفه خرسانة إسمنتية مسلحة أقل من سماكة الجدار ليركب مكانها صندوق الأباجور ويكال المتر الطولي من القموط بخمسة أمتار طولية.



4) **الدساتير:** وهي قطع حجرية تتكون من ثلاثة وجوه، وتهذب بالنقش المطلوب، تركب على واجهات الأعمدة والشمع، وتكال أحجار الدساتير بمترين طوليين لكل قطعة.



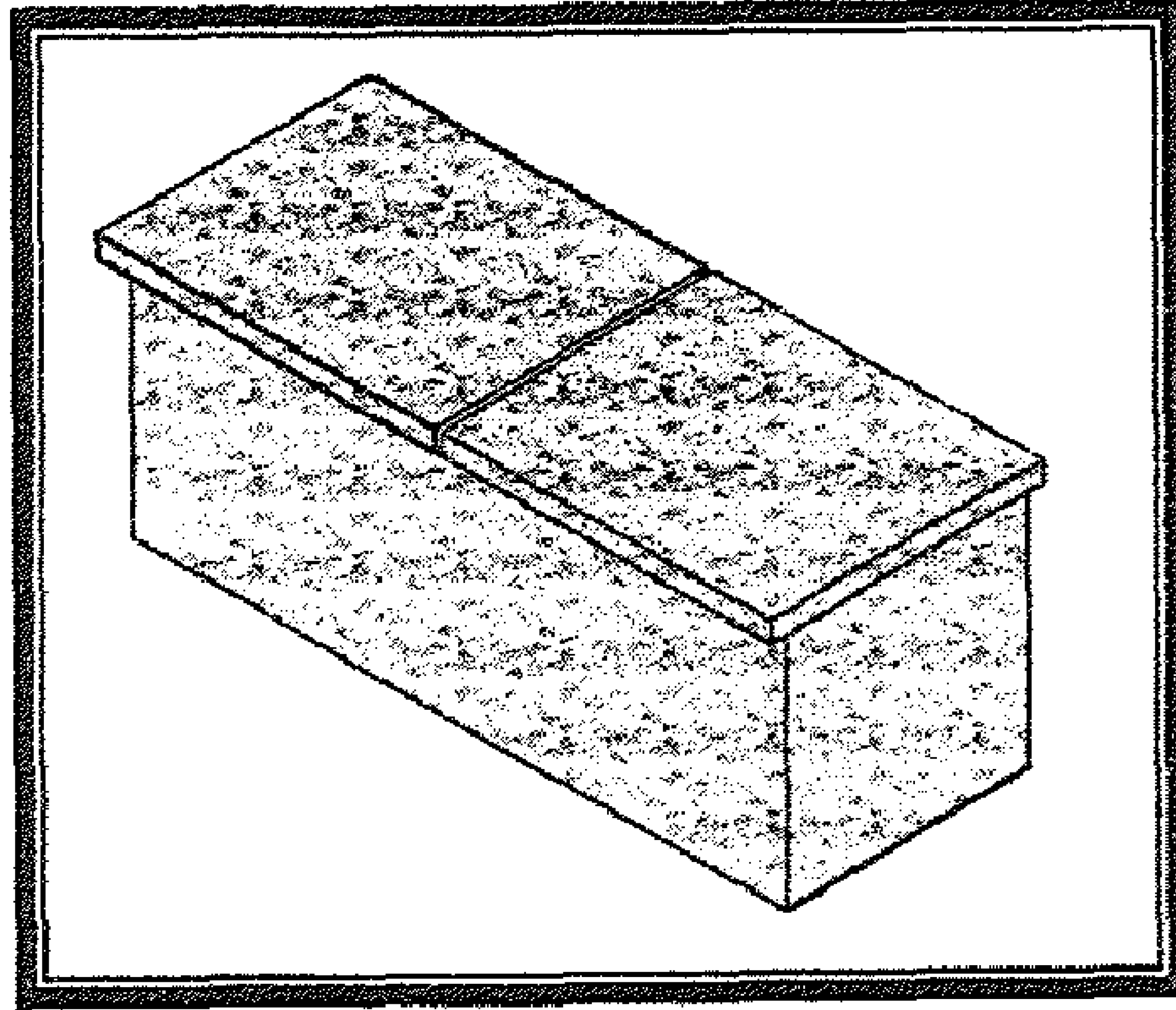
5) **المرابيع:** وهي كتل حجرية لها أربعة جوانب مهذبة بالنقش المطلوب، تبنى منها الأعمدة، ويمكن تشكيلها بأكثر من أربعة وجوه أو تدويرها.



نموذج لقطع المرابيع

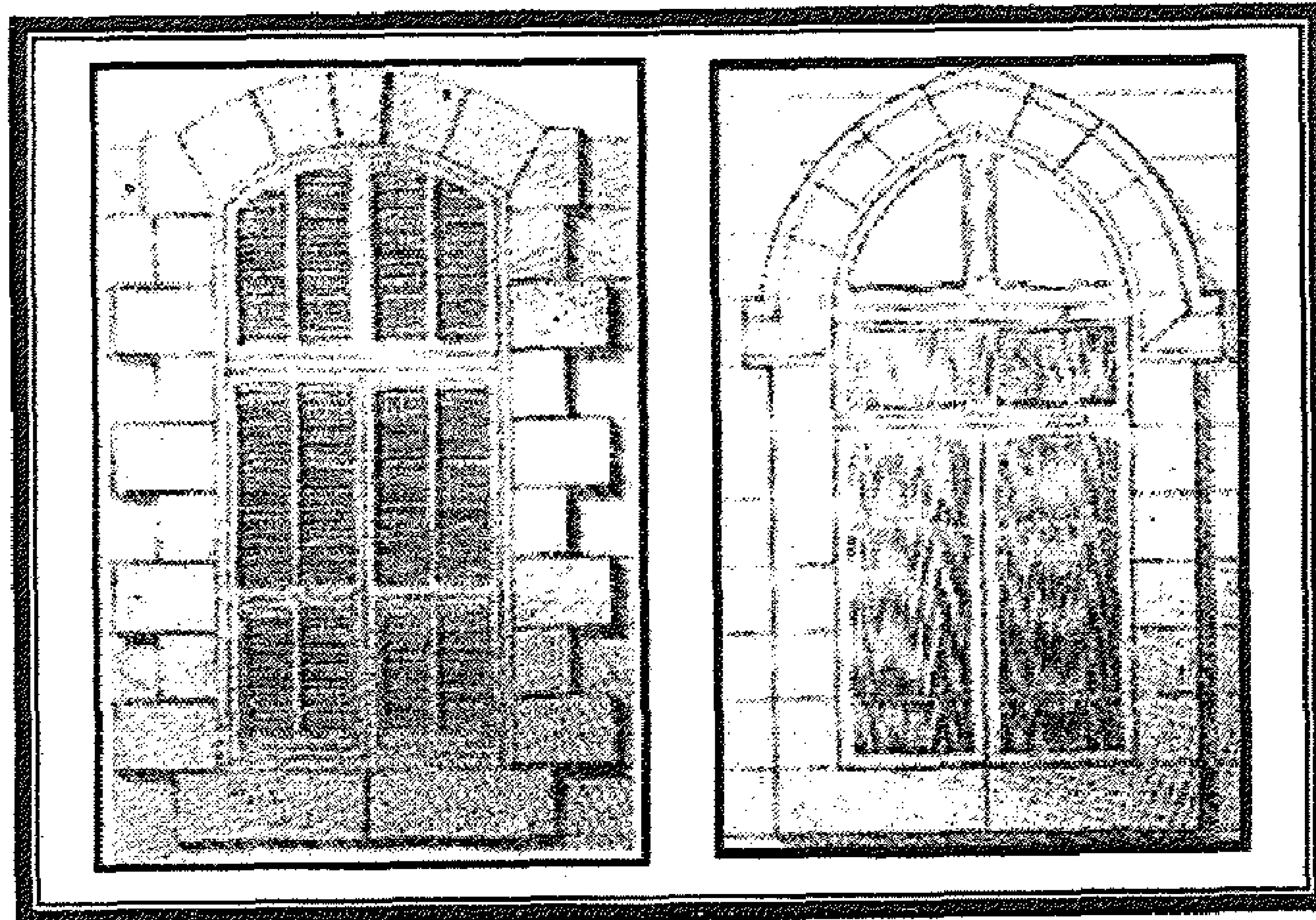
6) **البراطيش:** وهي القطع الحجرية التي تركب أسفل الشباك، وتكون من الصنف الأول لعدم ترشيح الماء في الشتاء ويكون عرضها أكبر من عرض الجدار بمقدار (3 – 5)سم، ويعمل لها ميلان لخارج البناء لإبعاد مياه المطر عن الشباك، تهذب بالمطبة الناعمة وتكال بخمسة أمتار طولية لكل متر طولي.

7) **الجباة:** وهي قطع حجرية تشبه البراطيش ولكنها تثبت على حواف الأسوار وتصوينات الأسطح، وهي تشكل بالمطبة الناعمة أو من الحجر المنشور، وتكون سماكتها (5– 7) سم وتكال بخمسة أمتار طولية أو حسب سماكة القطعة.



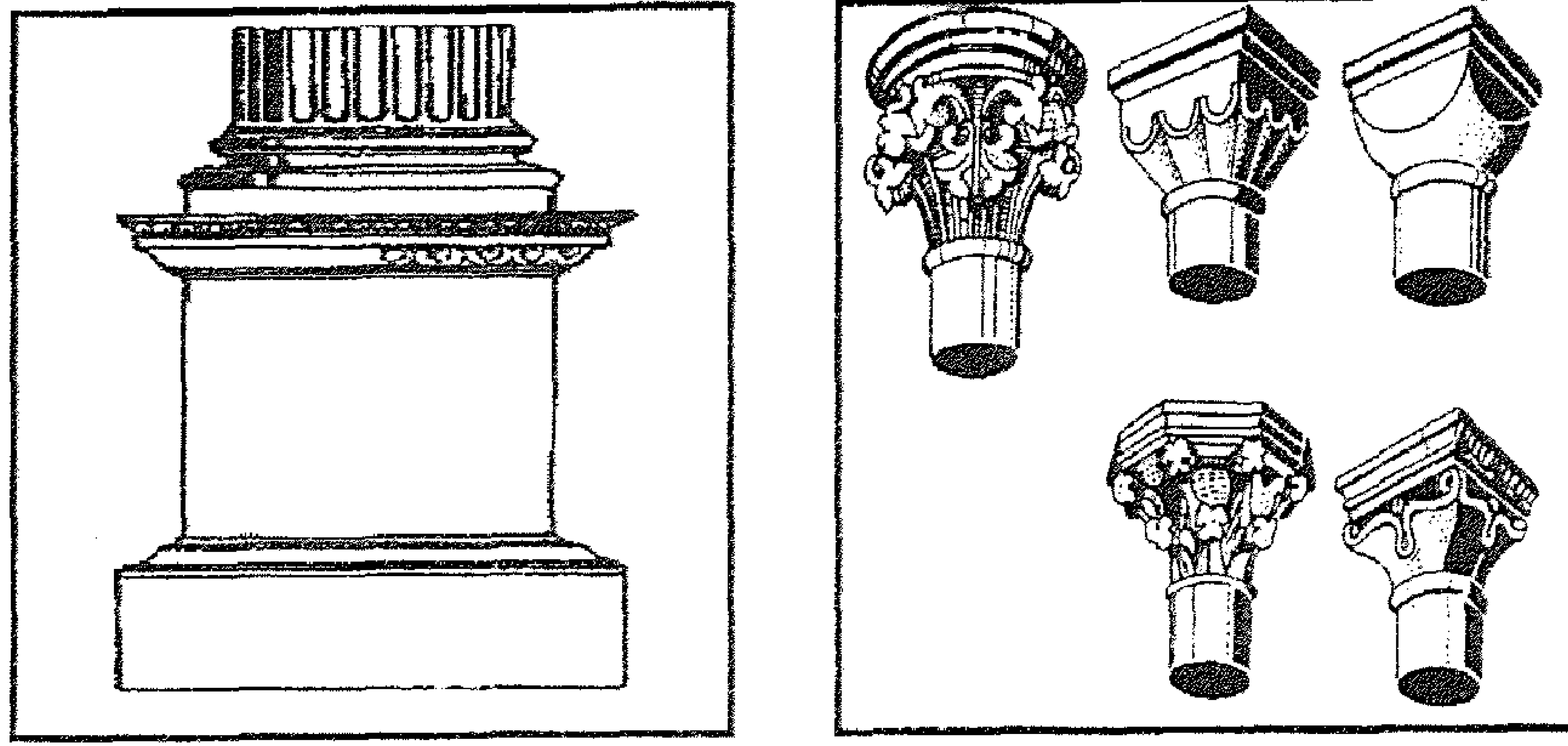
نموذج للجباه و البراطيش

8) **الأقواس:** هي مجموعة من القطع الحجرية التي تشكل القوس ويتم البناء على هيكل من الخشب الذي يحدد شكل القوس ويصب خلفه الخرسانة الإسمنتية المسلحة ويثبت أيضا بالدسر لزيادة التثبيت، تكال كل قطعة من القوس بأربعة أمتار طولية.



نماذج للسلاحات والقموط في البناء الحجري

9) **الأعمدة:** تستخدم الأعمدة الحجرية في البناء وخاصة في الواجهات الأمامية وأسفل البلوكونات والشرفات، وتكال الأعمدة الحجرية خمسون متراً طولياً للأعمدة التي يصل ارتفاعها إلى 220سم شاملة التاج والقاعدة.



نماذج من تيجان الأعمدة والقاعدة

عيوب الأحجار:

أ. التخويخ: وهي خاصية التعرض للتحلل والتفتت.

ب. الشقوق: حيث أحيانا تحتوى على بعض الكربونات، مما يشوه من شكل الحجر.

ج. التلوين: وهي خاصية تنتج عن تداخل عدة مواد في تركيب الحجارة مثل المواد الطباشيرية.

د. العروق القشرية: وتجعل الحجارة قابلة للتقشير.

طريقة بناء أو تركيب:

يوجد طريقتين لبناء أو تركيب الحجر هما:

1. **التكسية أثناء مرحلة التنفيذ:** حيث يتم صب القواعد والرقاب ثم الحزام الأرضي والأرضية والأعمدة، وتبدأ مرحلة بناء الحجر بعد ذلك:

أ. يبدأ بناء الحجر بصب أرضية حجر (وهي بروز حرساني بأبعاد 10 × 10 سم يتم تشريكه بالحزام الأرضي على امتداد محيط المبنى ليتم بناء الحجر عليه).

ب. يتم بناء مدماكين أو ثلاثة (على الأكثر) من الحجر(50 – 75سم).

ج. تُبنى إلى جوار مداميك الحجر مداميك الطوب مع ترك فراغ بين الاثنين يتم تعبئته بالباطون الذي قد يكون مسلحاً بشبكة حديد حسب تصميم معين. ويتم تقوية الرابطة بين الباطون والحجر بعدة طرق منها على سبيل المثال تكسير الجدار المواجه للباطون من الحجر بطريقة تجعل منه أكثر تماسكاً مع الباطون، أو بعمل فتحة في الحجر بشكل مائل يمتد منها قضيب حديد 6 إلى جسم الخرسانة بشكل مكسوح.

د. يكرر ذلك مع عدد آخر من المداميك حتى الوصول للسقف.

ه. ويجب مراعاة بعض الأمور المهمة في بناء الحجر مثل:

- عدم زيادة البناء عن 3 مداميك قبل صب الخرسانة بين الطوب والحجر، لأن الزيادة عن ثلاثة مداميك قد تؤدي إلى انهيار الأحجار نتيجة الضغط الجانبي للخرسانة أثناء صبها.
- تثبيت أسافين خشبية بين الأحجار أثناء البناء، وذلك للمحافظة على مسافات بين الأحجار في حدود 1سم في كل الاتجاهات، وذلك لأعمال الكحلة أي تعبئة الفراغات بين الأحجار(بخليط الكحلة ويتكون من أسمنت ابيض، رمل، كوارتز، وزنك). وقد يترك لون الكحلة أبيض، أو يتم كيها بالرصاص لتصبح سوداء، ويجري ذلك بناء على رغبة المالك (صاحب العمل).

* من خصائص طريقة التكسية أثناء التنفيذ:

- قوة التماسك بين الحجر والطوب عالية.
- طول الفترة الزمنية (حيث لا يمكن صب السقف إلا بعد انتهاء بناء الحجر، وكما هو معلوم فإن بناء الحجر يتم بمعدل ثلاثة مداميك يومياً تقريباً، للأسباب المذكورة، مما يزيد الفترة الزمنية للبناء ككل).

2. **التكسية بعد مرحلة التنفيذ:** هنا يكون البناء الهيكلي قد انتهى (القواعد والأعمدة والأسقف..... الخ)، ثم يأتي دور البناء بالحجر كبديل عن عملية القصارة.

وفي هذه الطريقة يتم بناء الحجر بطريقة مشابهة لأعمال الكراميكا، أي توضع المونة على الحائط و يوضع فوقها الحجر مباشرة (وفي أغلب الأحيان يتم تضمين شبكة من الحديد 4.6 وظيفتها جعل المونة تتصرف ككتلة واحدة) . ويجب مراعاة الأسافين بين الأحجار، وعدم الارتفاع عن 3 أو 4 مداميك في كل دورة بناء في هذه الحالة.

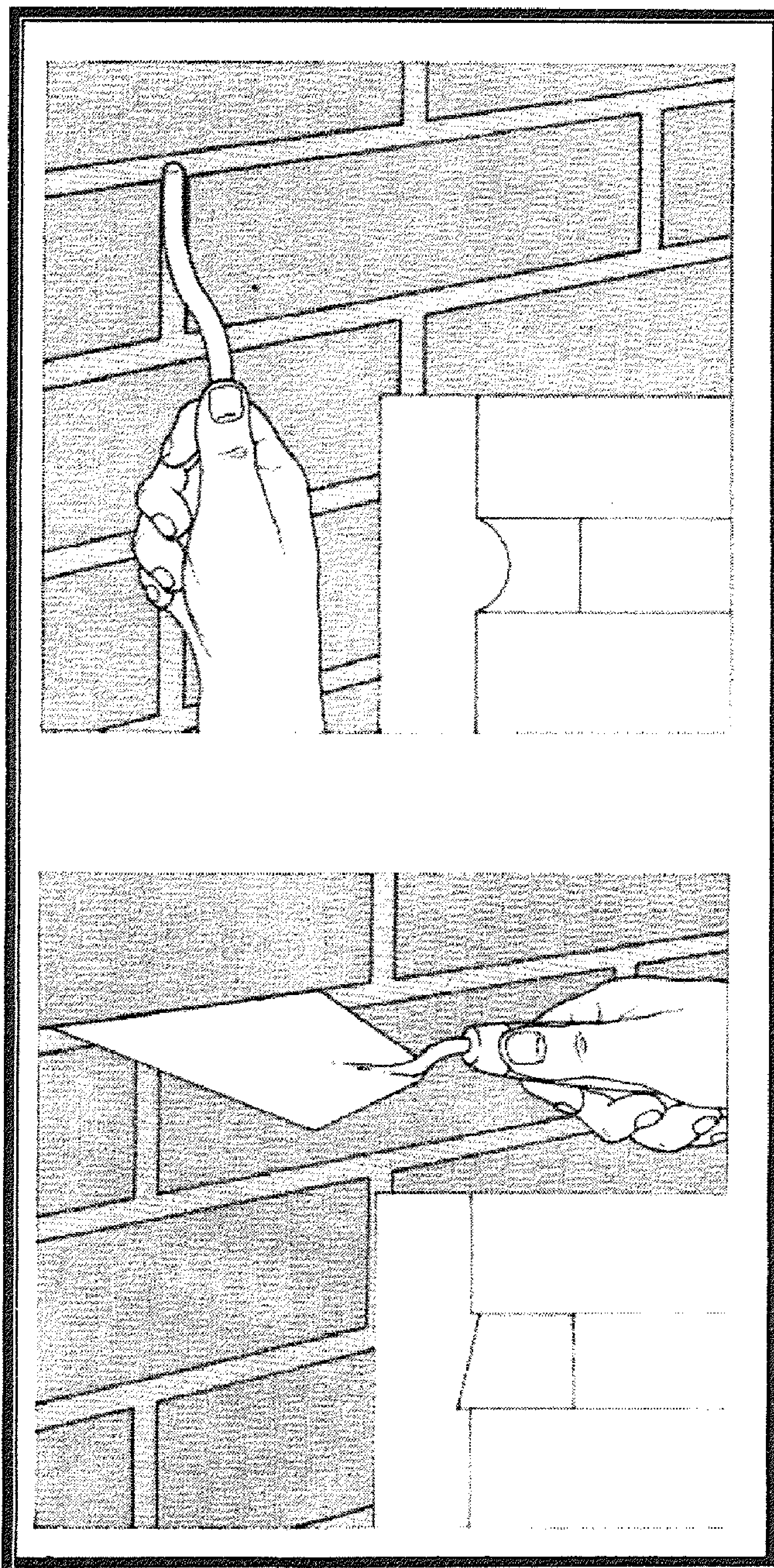
مميزات بناء الأحجار بعد التنفيذ:

1. الميزة الوحيدة لهذه الطريقة هي السرعة، إذ لا يرتبط بناء الحجر بالسقف، أو أي عمل آخر في الموقع.
2. ويعتبر البناء بهذه الطريقة أقل قوةً من سابقه، إلا أن قوته تزداد بإضافة مواد محافظة في بعض الأحيان.

وتجدر الإشارة أن سمك الحجر في الطريقة الأولى حوالي 5 سم، أما في الطريقة الثانية فيكون 3 سم، وذلك لأن الحجر في الحالة ثانية يعمل كبلاط الكراميكا في كل ما يتعلق به تقريباً مما يستدعي تقليل سمكه.

كحلة الحجر:

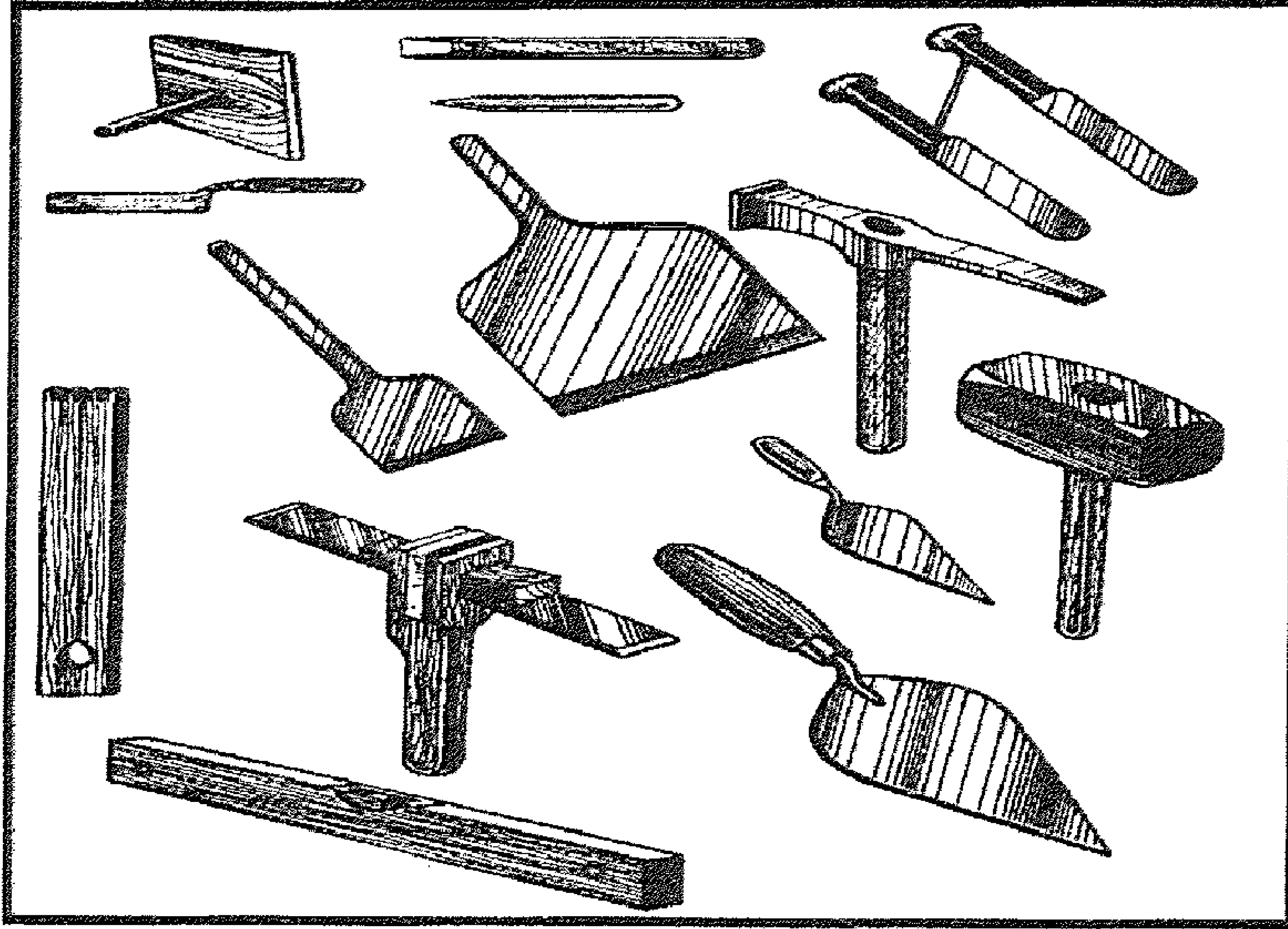
يتم تنظيف الحلول وتحرر بعمق (1.5) سم وتنظف المونة الزائدة، وينظف الحجر بفرشاة السلك من زوائد الأسمنت والأتربة، ثم يرش الحجر بالماء لتنظيفه من الغبار، ثم يتم تعبئة الحلول بمونة الأسمنت الأبيض والرمل السيليكا بنسبة (1:1)، ويمكن استخدام سيخ الرصاص لإعطاء اللون الرمادي القاتم أو اللون الأسود الداكن بإضافة خضب/ترابة اللون الأسود، ويجب أن تكون خطوط الكحلة مستقيمة ومتعامدة ولا يباشر بأعمال الكحلة إلا بعد الانتهاء من جميع أعمال صب الخرسانة الإسمنتية، وتسقى الكحلة بالماء لعدة أيام.



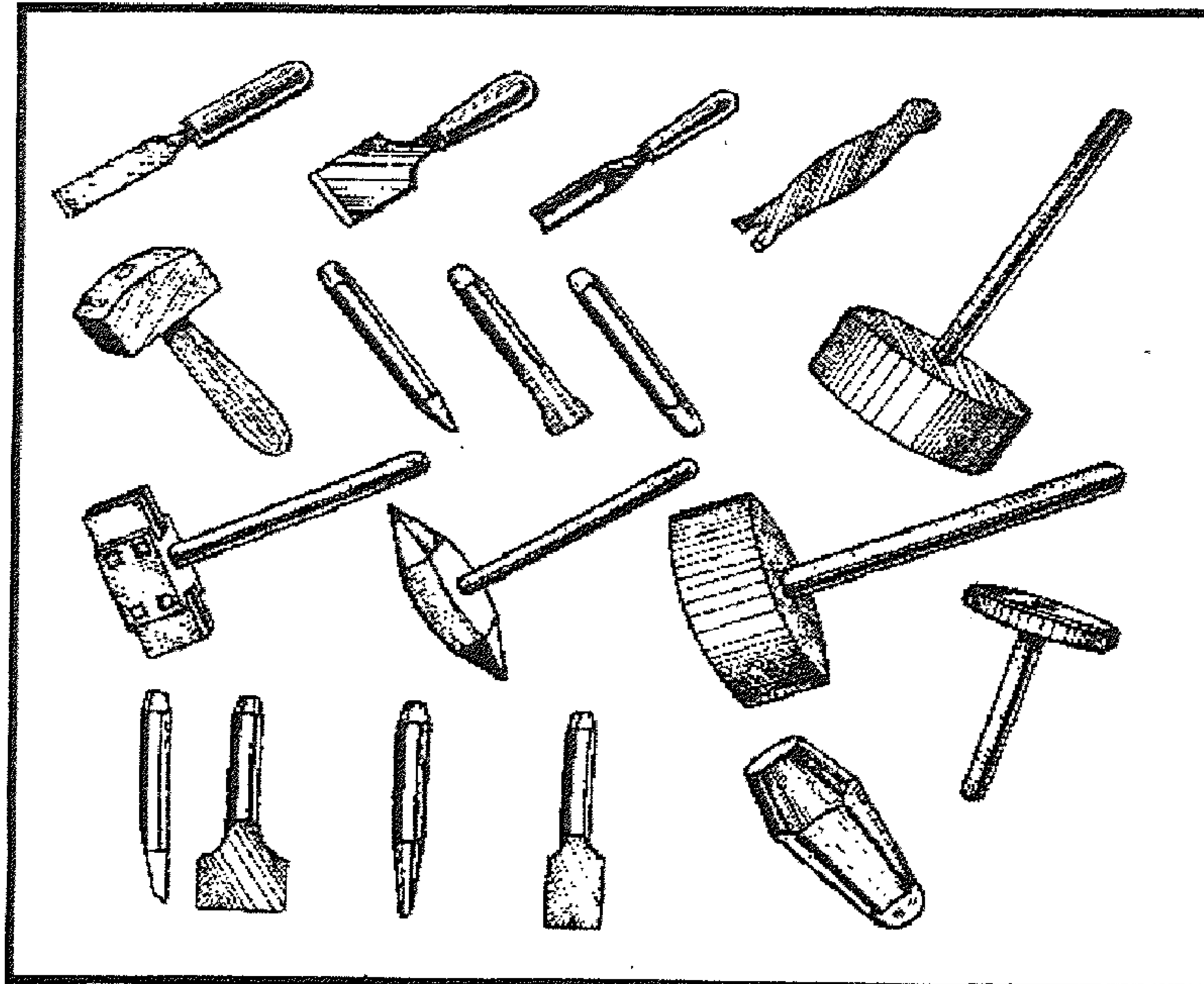
تكحيل الحجر

الإيناع:

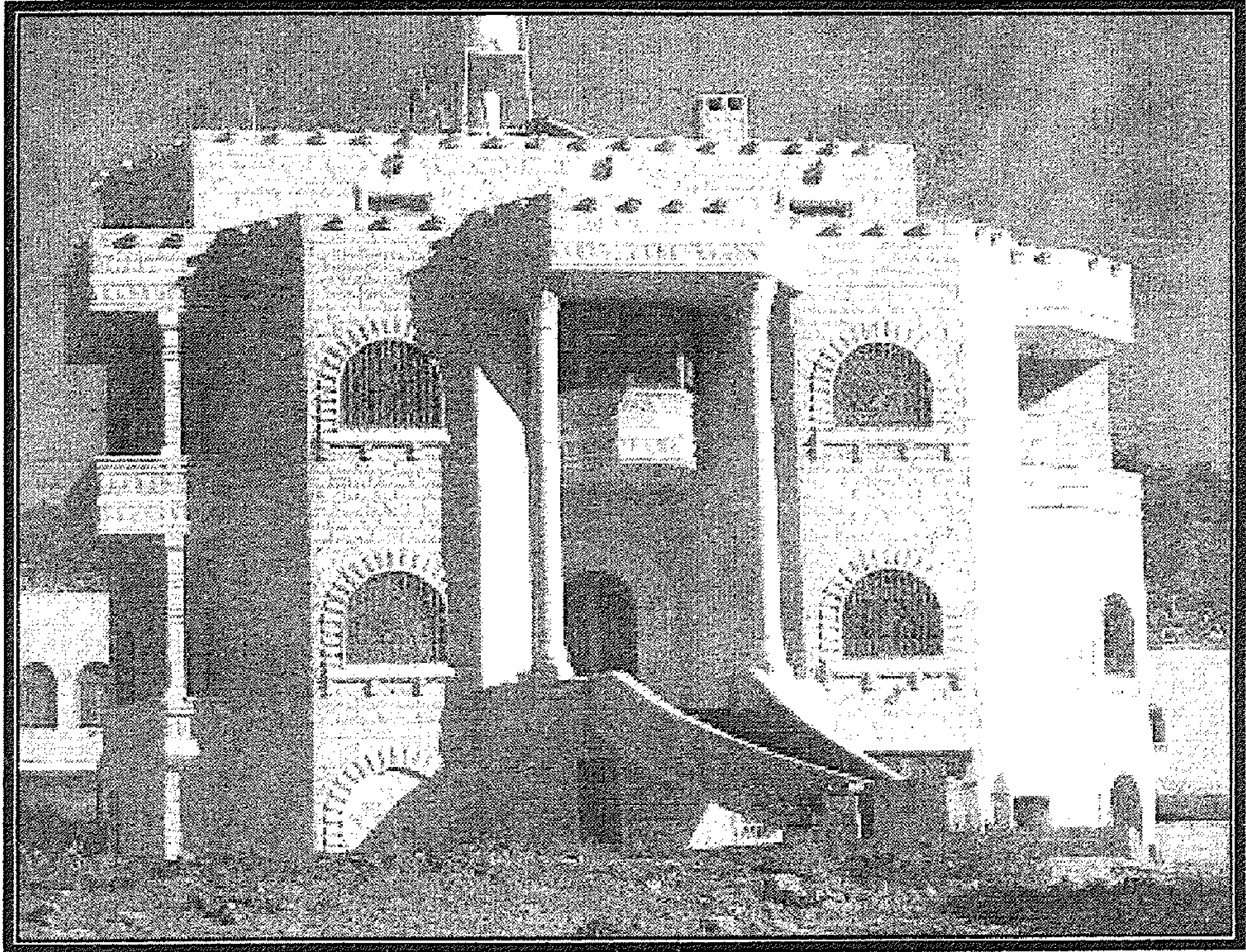
هو درجة تشبع الخرسانة الإسمنتية بالماء، حيث ترش الجدران والأعمال الحجرية والخراسانية بالماء بعد صبها وبنائها لمدة كافية تصل إلى سبعة أيام أحيانا، والمقاول المخالف لهذا العمل يرفض له الأعمال التي لم يتم إيناعها وتهدم.



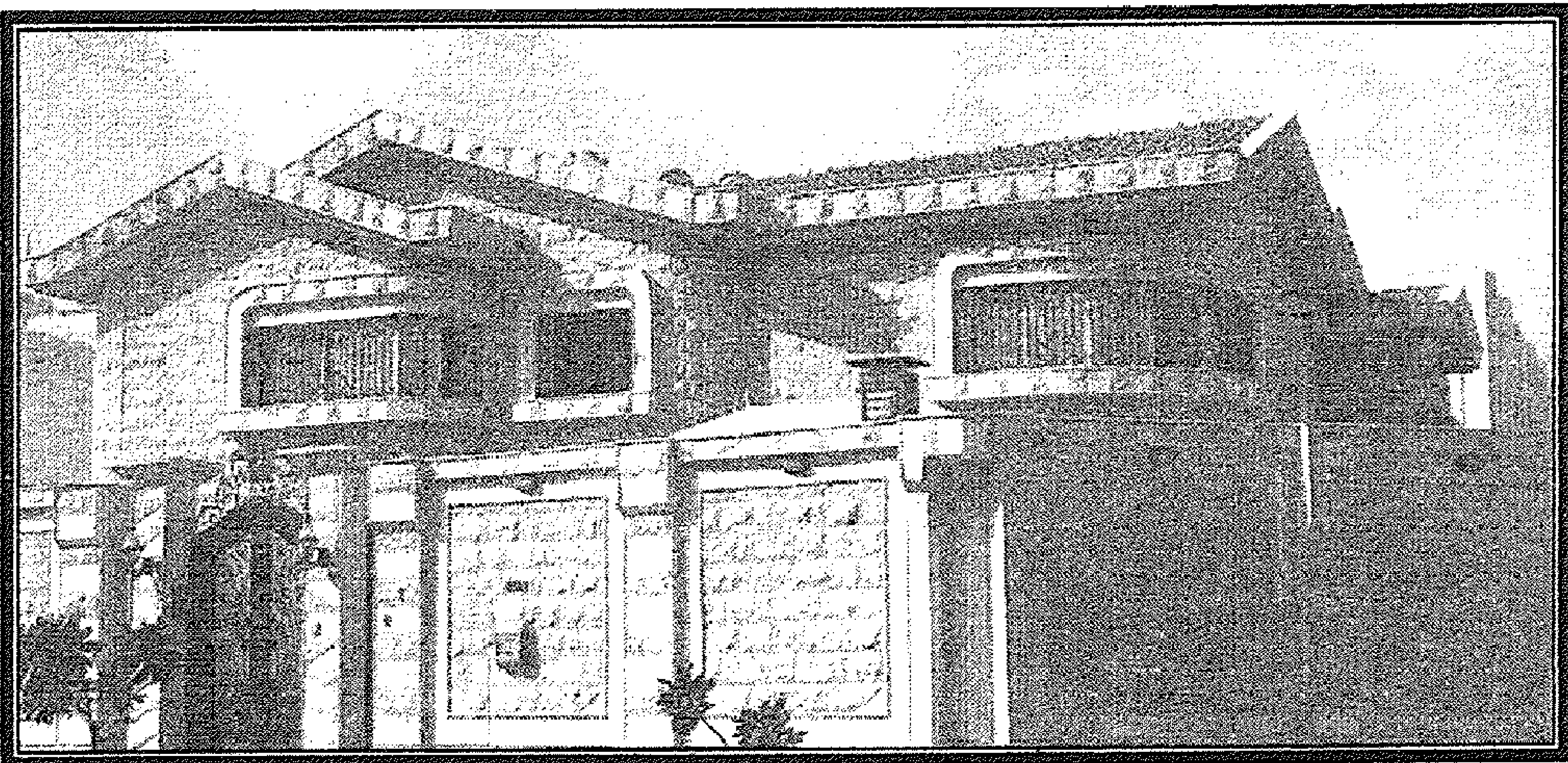
الأدوات المستخدمة في عمليات البناء



الأدوات المستخدمة في عمليات تشكيل الحجر



أمثلة على الحجر الطبيعي



أمثلة على الحجر الطبيعي

الحجر الصناعي:

أثبتت الدراسات أن الحجر الصناعي بدايته تقنية المانية ويصب في قوالب مختلفة الأشكال والأحجام حيث درجة امتصاصه للماء تكاد تكون معدومة وشرط ذلك أن يكون المصنع دقيق في وضع الخلطات التي بعدها يكون تشكيل الحجر الصناعي.

الحجر الصناعي والبلاطات الصناعية هي من أكثر مواد التكسيات الخارجية انتشارا في عمليات البناء وذلك للأسباب التالية:

1. السعر حيث يقل بكثير عن أنواع (الأحجار الطبيعية).
2. الجودة ومن الممكن تحسين خواص هذه الأحجار بإضافة المواد الخاصة.
3. تعدد الألوان.
4. تماثل العينات (إنتاجية كميات كبيره بنفس المواصفات).
5. تعدد الأشكال.

والعديد من المواصفات التي تجعل من إعمال التكسية بالأحجار الصناعية وبلاطات الموزاييك والرخام والجرانيت الصناعي..... الخ) يفوق استخدام (كافة أنواع الأحجار الطبيعية كالحجر الرسوبي والبركاني (الرخام الطبيعي والجرانيت والمرمر والحجر)).

لكن الحجر الصناعي يتخوف كثير من الناس منه بسبب طريقة تركيبه حيث ممكن أن يركب على شبكة معدنية دون الحاجة لاستخدام الطينة الإسمنتية أو يلصق بالطينة المدعمة (بالمواد اللاصقة المضافة أو بسلك يتم لصقه وتثبيته على الحجر بـ (الأكمه) وفي حال السطح الخلفي خشن لا داعي لاستخدام السلك ولكن استخدام العمالة السيئة أو نوعية العمالة هي من يحدد عمر وصمود الحجر الصناعي على جدران المباني وهو نفس السبب للحجر الطبيعي.

ومن ناحية الجودة دائما الطبيعي أفضل والسعر للطبيعي أكبر أما التحمل فكلا المنتجين له خواصه التي تميزه. كما أنه يلصق على الطوب أو بعد

القصارة والمادة المستخدمة في التركيب هي الاسمنت وهو أيضا عازل للرطوبة ويمنع امتصاص الماء بالإضافة لكونه شديد الصلابة (500 كجم/سم^3)، ومقاومته للمياه بنسبة تشريه 3.7٪ بعد الغمر الكامل في المياه لمده 24ساعة، أما السطح ذو ملمس ناعم غير قابل لالتصاق الأتربة وقابل للغسيل بالماء ويعتبر مقاوم للأملاح، والألوان ثابتة ولا تتغير.

يتوفر بأشكال ومقاسات مختلفة منها:

(40×20) (20×20) (30×10) (30×15) (10×20) سم.

الألوان الموجودة بكثرة هما الأحمر الطوبي والأصفر ويمكن تصنيع الحجر بألوان أخرى بالطبع، ولابد من طرطشة المباني أو أي سطح مراد التركيب فوقه بمونة الطرطشة العمومية بعد الرش بالمياه وكذلك رش الحجر بالمياه وأحيانا توضع بمونة لصق الحجر إضافات حسب المطلوب.

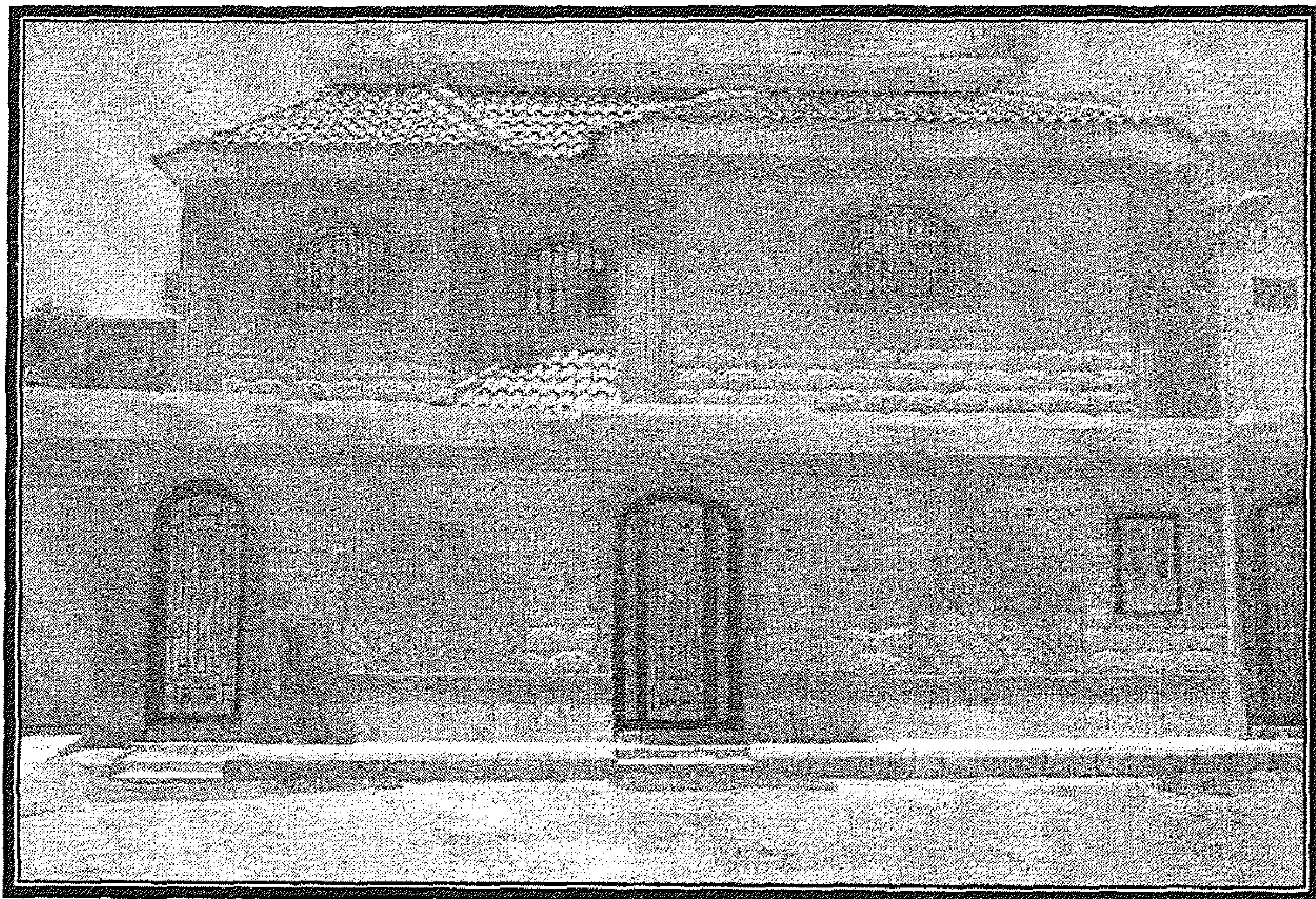
طريقة التصنيع:

المكونات: (إسمنت أبيض +رمل أبيض+ماء+لون+كسر رخام حسب المقاس والكمية المرغوبة) وتعرف بالتجربة والخبرة.

تصب في قوالب سادة للبلاط حسب المقاس المرغوب 30×30 20×20 40×20 أو قوالب حسب الديكور المطلوب للحجر الصناعي وحجر الشك يكبس بمكبس البلاط ثم يترك ليجف مع رشه بالماء حتى لا يتشقق وكلما زادت فترة التجفيف والرش صار أقسى.



أمثلة على الحجر الصناعي 1



أمثلة على الحجر الصناعي 2

5

الفصل الخامس

الحديد

الحديد

يرجع استخدام الإنسان للحديد إلى ما قبل التاريخ. كما يرجع تاريخ أقدم المنتجات الحديدية، للألفية الخمسة قبل الميلاد في إيران والألفية الثانية قبل الميلاد في الصين، وكانت مصنوعة من النيازك. ومن غير المعروف متى أو أين بدأ صهر الحديد من خاماته، ولكن هناك دلائل تشير إلى إنتاجه عن طريق صهر خاماته قرب نهاية الألفية الثانية قبل الميلاد في الهند وجنوب الصحراء الكبرى في إفريقيا.

كما يرجع تاريخ أقدم الأدوات المصنوعة من الهيماتيت إلى حوالي عام 35,000 ق.م. واستخدم السومريون والمصريون الحديد النيزكي لأغراض الزينة وكرؤوس للحراب، وفي الطقوس الاحتفالية، وكان أثمن من الذهب. كما تشير الاكتشافات إلى أن الحثيين أنتجوا الحديد منذ حوالي عام 2,000 ق.م،كما قايضوا الحديد مقابل الفضة مع الآشوريين في القرن الرابع عشر قبل الميلاد.

أختلف انتقال بلدان العالم القديم للعصر الحديدي، فبلاد ما بين النهرين عام 900 ق.م كانت قد انتقلت كلياً للعصر الحديدي. وعلى الرغم من أن مصر كانت قد بدأت تنتج الحديد منذ وقت مبكر، إلا أن العصر البرونزي ظل مسيطراً عليها حتى الغزو الآشوري لها في عام 663 ق.م. وبدأ العصر الحديدي في وسط أوروبا حوالي عام 500 ق.م، وفي الهند والصين في وقت ما بين 1200 ق.م و 500 ق.م. وحوالي عام 500 ق.م، أصبحت النوبة منتج ومصدر رئيسي للحديد.

اكتشف الحيثيون أنتاج الحديد قديماً في أفران تستخدم فيها منفاخ لضخ الهواء من خلال كومة من الحديد الخام والمدفون في الفحم. يختزل أول أكسيد الكربون الناتج من حرق الفحم خامة الحديد لينتج الحديد. لم تكن الحرارة الناتجة كافية لصهر الحديد، لذا فإن الجزء السفلي من المعدن الناتج يكون على شكل كتلة أسفنجية، تعج بالمسام الممتلئة بالرماد والخبث. يعاد تسخين الحديد الناتج لتليينه وصهر الخبث، ومن ثم يُطرق مراراً وتكراراً لإزالة الخبث المنصهر. ناتج هذه العملية الطويلة والشاقة هو الحديد المطاوع، وهو سبيكة مرنة ولكن ضعيفة نوعاً ما.

ومع الوقت، اكتشف الحدادون في الشرق الأوسط، أن الحديد المطاوع يمكن أن يتحول إلى منتج أقوى بكثير عن طريق تسخينه في وعاء يحتوي على الفحم النباتي لبعض الوقت، ومن ثم غمره في الماء أو الزيت حتى يخمد. نتج عن هذه الطريقة تكون طبقة خارجية للقطعة من الصلب، وهي سبيكة من الحديد وكربيد الحديد، والتي كانت أكثر صلادة وأقل هشاشة من البرونز وبدأت تحل محله. وقبل عام 200 ق.م، استطاع الهنود إنتاج صلب عالي الجودة في جنوب الهند بصهر الحديد الخام والفحم والزجاج في بواتق حتى ينصهر الحديد ويذيب الكربون. انتقلت تلك الفكرة من الهند إلى الصين بحلول القرن الخامس الميلادي.

في القرن الحادي عشر، صنع الصينيون الصلب بطريقة تشبه إلى حد ما طريقة بسمر، عن طريق إزالة الكربون جزئياً بطرق الحديد بصورة متكررة مع نفخ الهواء البارد. مما استدعى إزالة مساحات كبيرة من الغابات لتفي بحاجة صناعة الحديد من الفحم.

تقدمت صناعة الحديد أكثر وأكثر باختراعات المسلمين، خلال العصر الذهبي للإسلام. شمل ذلك إقامة مصانع لإنتاج المعادن. وبحلول القرن الحادي عشر، انتشرت تلك المصانع في كل الولايات الإسلامية من الأندلس وشمال أفريقيا غرباً إلى آسيا الوسطى شرقاً. كما أن هناك دلائل تشير إلى استخدام ما يشبه الفرن العالي في عصر الدولة الأيوبية والمماليك. اخترع المسلمون أحد أشهر أنواع الصلب في العصور الوسطى وهو الصلب الدمشقي، واستخدموه في صناعة السيوف، في الفترة من عام 900 إلى عام 1750. أنتج هذا الصلب باستخدام بواتق بطريقة تشبه الطريقة الهندية، ولكنه يحتوي على الكربيدات مما يجعل السيوف أكثر كفاءة في القطع.

وردت كلمة حديد في عدة مواضع في القرآن الكريم، وهناك سورة في القرآن هي سورة الحديد ورد فيها نزول الحديد من السماء، قال تعالى: ﴿لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ﴾ سورة الحديد (25– 27).

يؤمن بعض المسلمين، بموجب هذه الآية أن الحديد نزل من السماء، ويربطون ذلك بما ورد في النظريات العلمية الحديثة بأن الحديد لم يكن موجوداً على الأرض إطلاقا قبل ملايين السنين، بل وصل الأرض عبر النيازك وذلك خلال فترات تكوين الأرض.

الحديد (باللاتينية: ferrum) عنصر كيميائي وفلز، من أقدم المعادن المكتشفة، يرمز له بالرمز Fe وعدده الذري 26. يقع الحديد في الجدول الدوري في المجموعة الثامنة والدورة الرابعة، وهو عنصر ضروري لحياة الإنسان والحيوان كونه يدخل في تركيب خضاب الدم، وكذلك لحياة النباتات كونه أحد العناصر الضرورية لتكوين الكلوروفيل، ويدخل في الصناعات المختلفة

يحتل الحديد المركز الرابع من حيث تواجد العناصر في القشرة الأرضية، وهو فلز قابل للطرق والسحب، وغالباً ما يتواجد في الطبيعة في صورة اكاسيد. ويعتبر الحديد وسبائكه أكثر المواد المعدنية استخداماً على الإطلاق. كما يُعتبر الحديد أكثر العناصر الكيميائية استقراراً على الإطلاق بسبب توازن القوة الكهرومغناطيسية والقوة النووية القوية داخل نواة الذرة، فالعناصر الأخفّ وزناً يمكنهم من خلال الاندماج النووي – والعناصر الأثقل وزناً من خلال الانشطار النووي – أن يصبحوا أقرب في صفاتهم للحديد. تحتوي النيازك الساقطة على الأرض على كميات من الحديد قد تصل إلى 90٪ من كتلة النيازك.

الحديد في الأصل فضي اللون، إلا أنه يتأكسد في الهواء. ويعد الحديد أقوى الفلزات على الإطلاق وأكثرها أهمية للأغراض الهندسية شرط حمايته من الصدأ (أي التفاعل مع الأكسجين). وهناك عدة طرق لحماية الحديد من الصدأ وابسطها على الإطلاق منع تماس الأكسجين أو الرطوبة عن الحديد وذلك بتغليف الحديد بمادة عازلة مثل استخدام الأصباغ أو عوازل PVC مثلاً. ومن أفضل الطرق المستخدمة لحمايته هي استخدام نظام الحماية الكاثودية لحماية الحديد من الصدأ والتآكل.

الحديد في حالته النقية أكثر ليونة من الألومنيوم، لكن يتم زيادة صلادته بإضافة بعض العناصر السبائكية كالكربون بنسب معينة، فيتكون سبيكة الصلب، وهي أقوى ألف مرة من الحديد النقي. يتراوح تكافؤ الحديد بين (2-) و(6+)، إلا أنه في أشهر حالاته يكون تكافؤه (2+) أو (3+).

تكوين الحديد:

يتكوّن الحديد في داخل النجوم العملاقة عند نهاية دورة حياتها، في عملية تسمى بعملية احتراق السيلكون. تبدأ العملية عندما تندمج نواة ذرة كالسيوم مستقرة مع نواة ذرة هليوم، لتتكون ذرة تيتانيوم غير مستقرة. وقبل أن تتحلل ذرة التيتانيوم الغير مستقرة، تندمج مع ذرة هليوم أخرى، لتتكون ذرة كروم غير مستقرة. ثم قبل أن تتحلل ذرة الكروم الغير مستقرة، تتحد مع ذرة هليوم أخرى، لتكوين ذرة حديد غير مستقرة. وقبل أن تتحلل ذرة الحديد الغير مستقرة، تتحد مع ذرة هليوم أخرى، لتكوين ذرة نيكل غير مستقرة.

تتحلل ذرة النيكل الغير مستقرة إلى ذرة كوبالت غير مستقرة، والتي تتحلل أخيراً إلى ذرة حديد مستقرة Fe56. وعندئذ لا تندمج ذرات الحديد المستقرة مع أي عنصر آخر، فتشكل بذلك قلب النجم، ويبدأ النجم عندئذ بالتجمد ويتجه للاستقرار.

الخواص الميكانيكية للحديد:

يتم تقييم الخواص الميكانيكية للحديد وسبائكه باستخدام مجموعة متنوعة من الاختبارات، مثل اختبار برينل واختبار روكويل وكلاهما لقياس صلادة الحديد، واختبار قوة الشد وغيرها؛ نتائج هذه الاختبارات على الحديد دقيقة للغاية، بما يسمح باستخدام الحديد لمعايرة أو الربط بين نتائج الاختبارات المختلفة. تعتمد نتائج تلك الاختبارات على درجة نقاء الحديد: فبللورات الحديد في صورته النقية أكثر ليونة من الألمونيوم، ومع إضافة بعض أجزاء من المليون من وزن سبيكة الحديد من عنصر الكربون، فإنها تضاعف من قوة الحديد. تزداد صلادة الحديد بسرعة بزيادة محتوى الكربون في سبيكة الحديد حتى تصل نسبته إلى 0.2 ٪ من

وزن السبيكة، وبعد ذلك يتزايد بمعدلات أقل ويصل إلى الذروة عندما يصل محتوى الكربون إلى 0.6٪ تقريبا من وزن السبيكة. الحديد النقي المنتج صناعياً (حوالي 99.99٪) لديه صلادة تقدر بـ 20 – 30 HB.

يمثل الحديد أفضل مثال لظاهرة التآصل في المعادن، فالحديد يتواجد في ثلاثة أطوار تآصلية وهي (α-Fe، γ-Fe، δ-Fe). يعد فهم ظاهرة التآصل في الحديد هو المفتاح لإنتاج سبائك صلب ذات خصائص محددة للأغراض المختلفة.

أولها تكوّناً عندما يتجمد الحديد من حالته السائلة عند 1538 درجة مئوية هو (δ-Fe)، يعد الفيريت (α-Fe) هو الطور الأكثر استقرارا للحديد في درجات الحرارة العادية. أما 912 درجة مئوية وحتى 1400 درجة مئوية، يتحول الحديد تدريجياً من طور الفيريت إلى طور الأوستنيت (γ-Fe)، ويستخدم هذا الطور من الحديد في إنتاج الصلب الذي لا يصدأ، والذي يستخدم في صناعة أدوات المائدة والمستشفيات ومعدات الصناعات الغذائية.

نظائر الحديد:

يوجد الحديد في الطبيعة في هيئة أربعة نظائر مستقرة، تكون موزعة كالآتي 5.845٪ Fe54 و 91.754٪ Fe56 و 2.119٪ Fe57 و 0.282٪ Fe58. من المتوقع أن يخضع النظير Fe54 لعملية تحلل بيتا المزدوج (en)، لكن هذه العملية لم تلاحظ بالتجربة بالنسبة لهذه الجسيمات. وحده النظير Fe57 من بين النظائر المستقرة للحديد لديه لف مغزلي ومقداره (–1/2).

يعد نظير الحديد Fe56 أكثر نظائر الحديد وفرة وأكثرها ثباتاً. من غير الممكن إجراء عملية انشطار أو اندماج نووي لهذا النظير مع حدوث إصدار للطاقة. يتشكل هذا النظير من نظير النيكل Ni56 الذي يتشكل من نوى أخف من خلال عملية ألفا داخل المستعرات العظمى. يشكل النظير 56 للنيكل نهاية سلسلة تفاعل الاندماج النووي داخل النجوم العملاقة، لأن إضافة جسيم ألفا آخر سيشكل الزنك – 60، والذي يتطلب تشكيله طاقة عالية جداً، لذلك فإن النيكل – 56، والذي عمر النصف له 6 أيام، يوجد بكثرة في هذه النجوم. أثناء عملية اضمحلال

المستعر الأعظم إلى بقايا، تحدث للنيكل – 56 عمليتي إصدار بوزيترونين متلاحقتين، يتحول من خلالها أولاً إلى الكوبالت – 56، ومن ثم إلى الحديد – 56 المستقر، مما يفسر الوفرة الكبيرة للحديد في الكون مقارنة مع فلزات أخرى مقاربة في الكتلة الذرية. يوجد نظير الحديد – 56 في قلب العملاق الأحمر وفي النيازك الحديدية وفي جوف الكرة الأرضية.

هنالك نظير مشع منقرض للحديد Fe60 له عمر نصف كبير يبلغ 2.6 مليون سنة. إن أغلب الدراسات السابقة حول قياس نسبة نظائر الحديد كانت مركزة حول تحديد نسبة الاختلافات في النظير Fe60، وذلك نتيجة للعمليات المرافقة لحدوث التخليق النووي وفي تشكل الخامات. ساعد التطور الكبير والمتسارع في تقنية مطيافية الكتلة على كشف وتحديد نسب النظائر المستقرة للحديد، وذلك نتيجة وجود العديد من الفروع العلمية المهتمة بهذا المجال، من بينها علوم الأرض وعلم الكواكب بالإضافة إلى التطبيقات الحيوية والصناعية.

أظهرت الدراسات لبعض النيازك الحديدية أن العلاقة بين تركيز النيكل –60، والذي يمثل ناتج اضمحلال للحديد – 60، ووفرة نظائر الحديد المستقرة يمكن أن تعطي دلالة على وجود الحديد – 60 Fe60 أثناء تشكل وتطور النظام الشمسي. من المحتمل أن تكون الطاقة المتحررة أثناء اضمحلال نظير الحديد – 60، بالإضافة إلى الطاقة المتحررة عن نظير الألومنيوم المشع Al26، قد ساهمت في حدوث إعادة انصهار وإعادة تشكيل وتمايز الكويكبات قبل نشوئها من 4.6 بليون سنة.

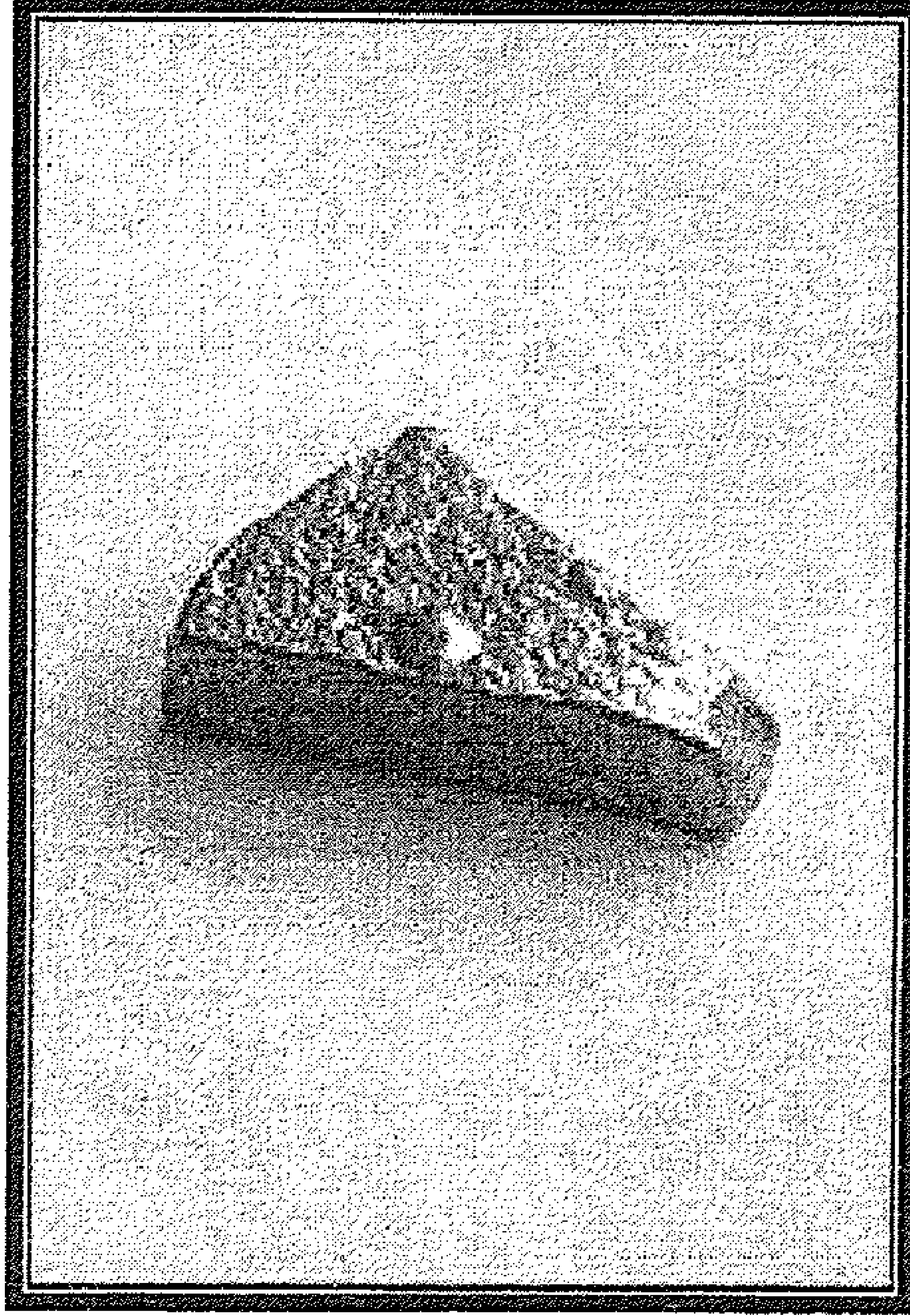
تمتاز نوى نظائر الحديد بأن لها طاقة ارتباط عالية لكل نوية، ولا يفوقها بذلك إلا نظير النيكل Ni62، والذي يتشكل في تفاعلات الاندماج النووي في النجوم. أما بالنسبة لتوزع عنصري الحديد والنيكل، فإن نسبة نظائر الحديد في الكرة الأرضية تفوق نظائر النيكل، ومن المتوقع أنها تفوقها أيضاً أثناء تشكل العناصر في المستعرات العظمى.

مركبات الحديد:

تكافؤ مركبات الحديد غالباً ما يكون +2 أو +3، ويطلق على مركبات الحديد ثنائية التكافؤ (حديدوز) مثل أكسيد الحديدوز (FeO)، وعلى مركبات الحديد ثلاثية التكافؤ (حديديك) مثل أكسيد الحديديك (Fe_2O_3). قد يصبح تكافؤ مركبات الحديد سداسي التكافؤ كحالة رابع حديدات البوتاسيوم (Fe_4O_2K). كما أن مركبات الحديد التي تشارك في تفاعلات الأكسدة البيوكيميائية، رباعية التكافؤ. كما تتواجد مركبات عضوية معدنية للحديد ذات تكافؤ أحادي موجب أو أحادي سالب أو ثنائي سالب. بل ويتواجد الحديد أحياناً في حالته العنصرية داخل جسم الإنسان.

كما يتواجد مركبات للحديد يكون فيها الحديد ذا تكافؤ ثنائي وثلاثي في الوقت ذاته كأكسيد الحديد الأسود (الماغنتيت) ومركب أزرق بروسيا ($Fe_4Fe(Cn)_6)_3$، والذي يستخدم بعض أنواع أوراق الطباعة التي تستخدم في بعض الرسومات الهندسية.

تعد كبريتات الحديدوز المائية ($FeSO^4*7H^2O$) وكلوريد الحديديك ($FeCl_3$) من أكثر مركبات الحديد إنتاجاً صناعياً. وتعتبر كبريتات الحديدوز المائية من أكثر المصادر المتاحة للحصول على أكسيد الحديدوز (FeO)، لكنه أكثر عرضة للتأكسد في الهواء من ملح موهر ($(NH_4)2Fe(SO_4)_2*6H_2O$)، وبصفة عامة تميل مركبات الحديد ثنائية التكافؤ للتأكسد في الهواء لتصبح مركبات حديد ثلاثية التكافؤ.



حديد نقي



كلوريد الحديديك مسحوق كناري اللون

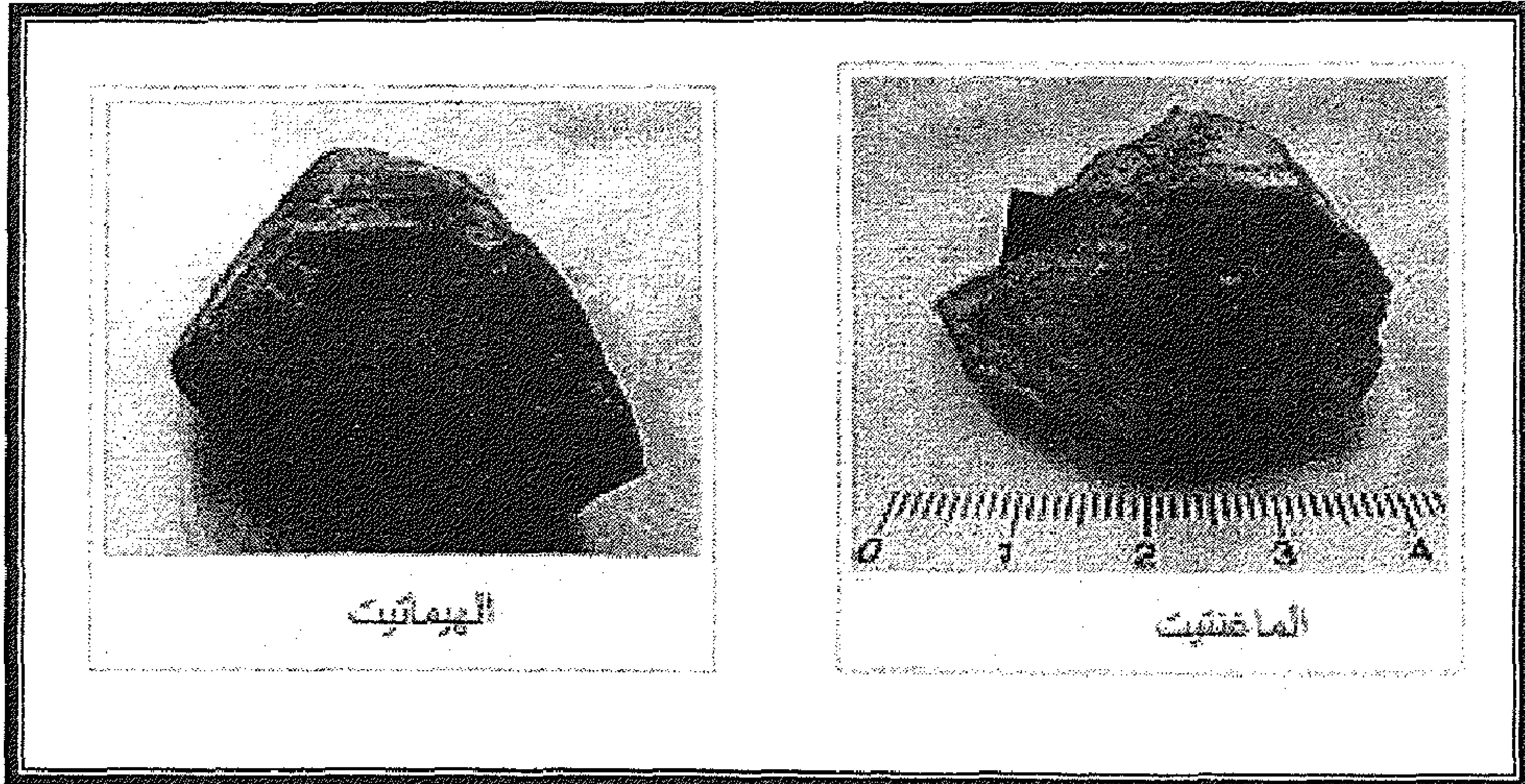
الحديد هو السادس من حيث وفرة من العناصر الكيميائية في الكون، وهو يتكون خلال الخطوة الأخيرة من عملية احتراق السيلكون في النجوم العملاقة. ونادراً ما يتواجد الحديد في حالته كعنصر (Fe) على سطح الأرض لأنه يميل إلى التأكسد، ولكن أكاسيده منتشرة وتمثل خاماته الأولية. بالرغم من أنه يمثل نحو 5٪ من القشرة الأرضية، إلا أنه يعتقد أن سبيكة من الحديد والنيكل في باطن

الأرض تمثل 35٪ من كتلة الأرض ككل. لذا، فالحديد هو العنصر الأكثر وفرة على سطح الأرض، لكنه العنصر الرابع الأكثر وفرة في القشرة الأرضية.

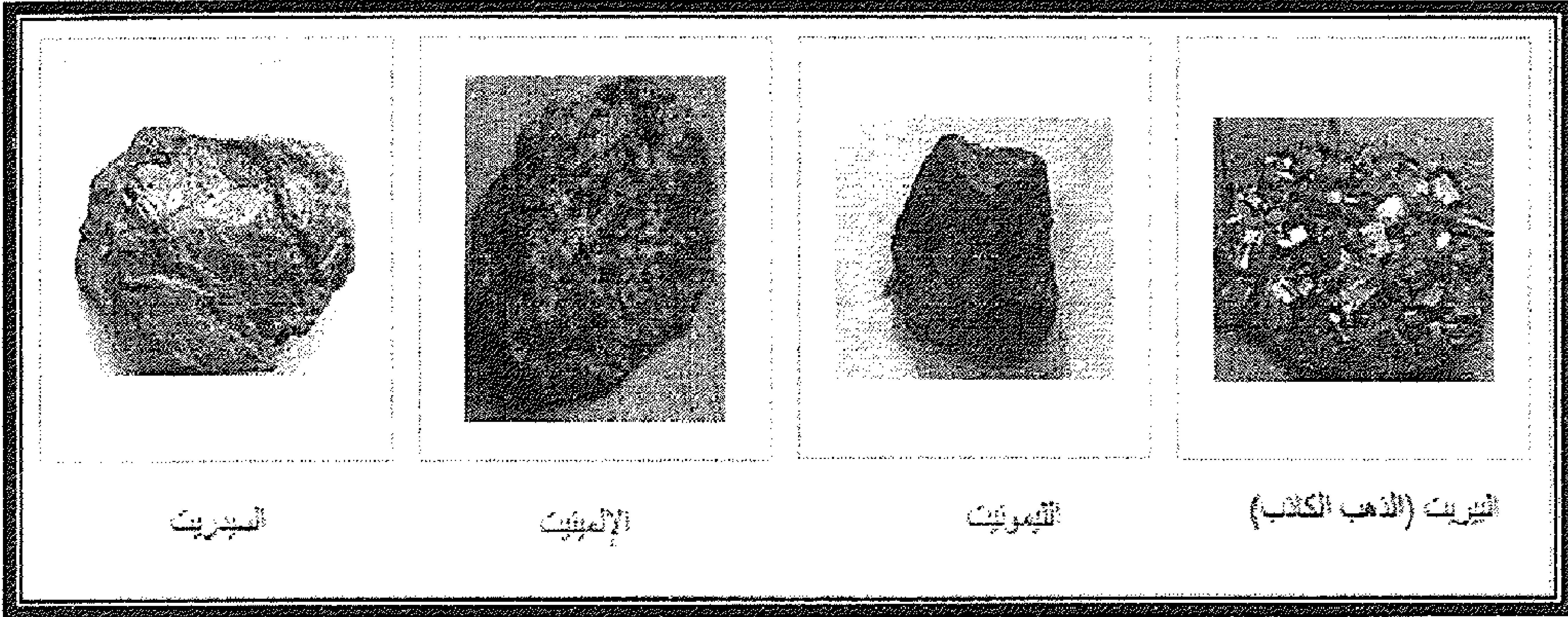
معظم الحديد في القشرة الأرضية متحد مع الأكسجين مكوناً اكاسيد الحديد والتي تمثل خامات الحديد في الطبيعة كالهيماتيت الماغنتيت. يتواجد الحديد بوفرة في بعض التكوينات الحجرية. هذه التكوينات الجيولوجية هي نوع من الصخور التي تتكون من طبقات رقيقة من اكاسيد الحديد، إما من الماغنيتيت (Fe_3O_4) أو الهيماتيت (Fe_2O_3)، بالتناوب مع طبقات فقيرة بالحديد من الحجارة والطمي. تشكلت هذه التكوينات منذ 3700 إلى 1800 مليون عام. كما أن هناك صور أخرى لخامات الحديد مثل الليمونيت البيريت والإلمينيت (en) والسيدريت.

نحو 1 من كل 20 حجر نيزكي تتكون من معادن غنية بالحديد والنيكل كالتاينيت (35– 80٪ حديد)، والكاماسيت (90 – 95 ٪ حديد). وبالرغم من ندرتها، إلا أن نيازك الحديد هي المصدر الرئيس للحديد على سطح الأرض.

وقد ثبت باستخدام مطياف موس باوير (en)، أن اللون الأحمر لسطح المريخ هو طبقة غنية بأكسيد الحديد.



الماعتيت، الهيماتيت

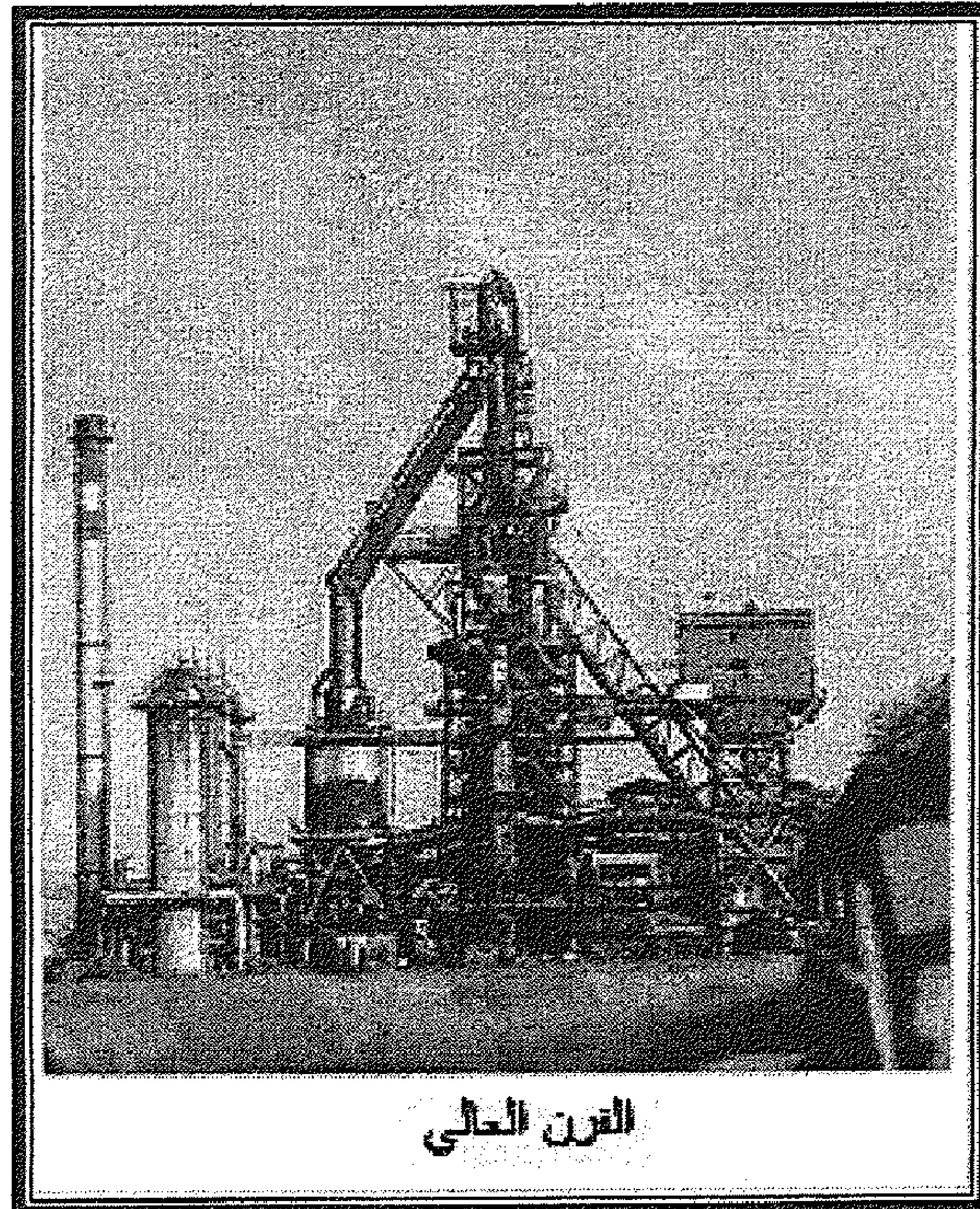


البيريت (الذهب الكاذب) | الليمونيت | الإلمنيت | السيدريت

إنتاج الحديد:

إنتاج الحديد أو الصلب هو عملية تتضمن مرحلتين أساسيتين، ما لم يكن المنتج المطلوب هو الحديد الزهر. المرحلة الأولى هي إنتاج الحديد الخام في الفرن العالي، أو بالاختزال المباشر، والمرحلة الثانية هي جعل إنتاج الحديد المطاوع أو الصلب من الحديد الغفل من خلال عمليات أخرى.

في بعض الأحيان مثل لإنتاج المغناطيس الكهربي، ويتم إنتاج الحديد النقي بواسطة التحليل الكهربائي للزاج الأخضر.



الفرن العالي

منتجات الحديد الرئيسة:

نظراً لانخفاض تكلفة إنتاجه وقوته، أصبح استخدامه لا غنى عنه في التطبيقات الهندسية مثل أجسام الماكينات والسيارات وهياكل السفن والهياكل المعدنية للأبنية العملاقة. لا يستخدم الحديد الخالص نظراً لأنه لين جداً، لذا فهو غالباً ما تستخدم أشهر سبائكه وهي سبائك صلب.

يصنف الحديد تجارياً على أساس درجة نقائه ووفرة العناصر السبائكية به. يحتوي الحديد الغفل على 3.5– 4.5 ٪ كربون، ويحتوي على كميات مختلفة من الشوائب، مثل الكبريت والسيلكون الفوسفور.

الحديد الغفل ليس منتجاً نهائياً قابلاً للبيع، وإنما هو خطوة وسيطة في إنتاج الحديد الزهر والصلب من خامات الحديد. الحديد الزهر يحتوي على 2 – 4٪ كربون و 1 – 6٪ سيليكون وكميات صغيرة من المنغنيز. تؤثر الشوائب الموجودة في الحديد الغفل مثل الكبريت والفسفور سلباً على خصائص المنتج النهائي، لذا يتم تخفيضها إلى مستوى مقبول. لكلا العنصرين درجات انصهار بين 1150 – 1200 درجة مئوية، وهي أقل من أي من العنصرين الرئيسيين في سبائك الحديد (الحديد والكربون)، لذا فإنهما ينصهرا أولاً، ويسهل إزالة أغلبهما. تتأثر الخصائص الميكانيكية للسبائك الحديدية كثيراً، بالهيئة التي يتخذها الكربون في السبيكة.

يأخذ الكربون في "الحديد الزهر الأبيض" شكل سمنتيت أو كربيد الحديد (C3Fe). يتسبب هذا المركب الهش من الكربيدات في جعل الحديد الزهر الأبيض غير مقاوم للصدمات. أما في الحديد الزهر الرمادي فيتواجد الكربون حراً في شكل رقائق دقيقة من الجرافيت، مما يجعله أيضا هشاً لتركز الإجهادات عند الأطراف المدببة لرقائق الجرافيت. هناك نوع آخر من الحديد الزهر هو الحديد الزهر المرن، وهو أحد أشكال الحديد الزهر الرمادي المعالجة بإضافة كميات ضئيلة من الماغنيسيوم، لتحويل شكل الجرافيت من الشكل الرقائقي إلى أشباه كرات أو عقيدات، والتي تزيد من متانة وقوة للمادة.

يحتوي الحديد المطاوع على أقل من 0.25٪ كربون، وهو متين ومرن، ولكنه أقل قابلية للانصهار من الحديد الغفل. يتميز الحديد المطاوع باحتوائه على بقايا خبث داخل المعدن، كما أنه أكثر مقاومة للصدأ من الصلب. قل استخدامه الآن وأصبح يستبدل بالصلب منخفض الكربون. بالرغم من أن الصلب منخفض الكربون أكثر عرضة للتآكل من الحديد المطاوع، إلا أن رخص ثمنه جعله أكثر استخداماً.

الصلب الكربوني هو الصلب الذي يحتوي على 2٪ كربون أو أقل مع كميات قليلة من المنغنيز والكبريت والفوسفور والسيليكون. بينما الصلب السبائكي فيحتوي على نسب متفاوتة من الكربون، فضلا عن المعادن الأخرى، مثل الكروم والفاناديوم والموليبدنوم والنيكل والتنجستن وغيرها. يرفع محتوى العناصر السبائكية في هذا النوع من الصلب من ثمنه، لذا لا يستخدم إلا في أغراض خاصة. أشهر سبائك هذا النوع هي سبائك الصلب الذي لا يصدأ. أدخل علماء المعادن الحديدية الآن بعض التحسينات على الصلب السبائكي، فأنتجوا منه نوعاً جديداً يمتاز بالقوة رغم إحتوائه على محتوى قليل من العناصر السبائكية، مما يزيد من متانة الصلب الناتج وبتكلفة أقل.

كما يستخدم الحديد أحياناً كمادة واقية من الإشعاعات المؤينة، لأنه أخف وأقوى بكثير ميكانيكيا من أشهر مادة في هذا المجال وهي عنصر الرصاص.

من أبرز استخدامات الحديد ما يلي:

1. الحديد الزهر: يستخدم في صناعة الأدوات التي لا تتعرض للصدمات مثل: أنابيب المياه وأنابيب الغاز.
2. الحديد المطاوع: ويستخدم في صنع المغناطيسيات الكهربائية المؤقتة المستخدمة في الأجهزة الكهربائية، كما يستخدم في قضبان التسليح المستخدمة في البناء.
3. الصلب: يستخدم في صناعة السفن وقضبان سكك الحديد والجسور والسيارات.

يعيب سبائك الحديد والصلب تعرضها بشدة للصدأ، إذا لم تكن محمية بشكل أو بآخر. الطلاء والجلفنة والتخميل والغطاء البلاستيكي هي طرق تستخدم جميعها لحماية الحديد من الصدأ من خلال إبعاد الماء والأكسجين عن سطح المعدن، كما أن هناك طريقة أخرى تستخدم غالباً في حماية أجسام السفن الخارجية وحماية أنابيب نقل النفط وسخانات المياه، وهي باستخدام طريقة القطب المضحى به والذي يضحى به ليتآكل بدلاً من الجسم الأساسي.

استخدامات مركبات الحديد:

مركبات الحديد منتشرة في الصناعة، وتستخدم في العديد من الاستخدامات المتخصصة. تستخدم مركبات الحديد عادة كعامل محفز في عملية هابر – بوش لإنتاج الأمونيا وعملية فيشر– تروبش لتحويل أول أكسيد الكربون إلى هيدروكربونات لإنتاج الوقود ومواد التشحيم.

يستخدم كلوريد الحديد الثلاثي في تنقية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي، وفي صبغ القماش وكعامل لتلوين الطلاء، كما يضاف لأعلاف الحيوانات، ويستخدم أيضاً لتنظيف النحاس في صناعة لوحات الدوائر المطبوعة. كما يتحلل في الكحول ليستخدم كصبغة. أما الهاليدات فيتوقف استخدامها على بعض الاستخدامات المخبرية المحدودة.

يستخدم كبريتات الحديد الثنائي لاختزال أملاح الكرومات في صناعة الاسمنت، كما يستخدم لعلاج افتقار الدم لعنصر الحديد. أما كبريتات الحديد الثلاثي فيستخدم في ترسيب الجسيمات الدقيقة في مياه الصهاريج. بينما يستخدم كلوريد الحديد الثنائي كعامل مختزل في بعض الصناعات العضوية.

المعادن الحديدية:

تضم المعادن الحديدية كل من الحديد الزهر والحديد المطاوع والصلب الذي لا يصدأ، وفيما يلي أهم أنواع ومكونات وخواص المعادن الحديدية:

الحديد الزهر:

وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون والماغنسيوم والفسفور ويكون محتوى الكربون من 1.7٪ إلى4٪ وتتباين أنواعه تبعاً لشكل وتوزيع جزيئات الكربون في سبيكة الحديد الزهر وينقسم لأربعة أنواع كالتالي:

1. حديد زهر رمادي.
2. حديد زهر أبيض.
3. حديد زهر مطاوع.
4. حديد زهر مرن.

الحديد المطاوع:

الحديد المطاوع عبارة عن حديد خالص به محتوى يقل عن 0.15٪ كربون ويصل إجهاد الشد للحديد المطاوع من (3000 – 3400 كجم/سم^2) ونسبة استطالة تصل إلى 30 – 40٪، وقد استبدلت استخدامات الحديد المطاوع حالياً باستخدام الصلب المطاوع.

الصلب:

وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون (بنسبة تتراوح ما بين 0.50٪ إلى1.50٪ كربون) مع إضافات معينة من السيليكون والمنجنيز والكروم والنيكل والمولبيدنوم والفانديوم وبعض العناصر الأخرى لإنتاج سبائك الصلب لأغراض متعددة المجالات، والصلب يمكن تصنيفه إلى ثلاثة مجموعات كالتالي:

أ. صلب مطاوع (طرى) ويحتوى على كربون (بنسبة تصل 0.25٪) وله مجالات واسعة الاستخدام والانتشار خاصة في أعمال الحدادة بأشكال قطاعاته المختلفة.

ب. صلب متوسط الكربون ويحتوى على كربون (بنسبة تصل0.50٪).

ج. صلب عالي الكربون ويحتوى على كربون (بنسبة تصل 1.50٪).

د. ويستخدم نوعي الصلب متوسط الكربون وعالي الكربون في مجالات متميزة، وخصوصاً في الأعمال الهندسية ذات الخدمة الشاقة مثل الأعمال الإنشائية.

هـ. الصلب متوسط الكربون ويمكن معالجته بالتسخين والتسقية لإكسابه خواص ذات مجال أوسع عند استعماله.

و. كما أن استخدام إضافات السبائك مثل النيكل والكروم و الموليبدنوم والمنجنيز والسيليكون والنحاس والتنجستين والنيوبيوم والفانديوم يمكن أن ينتج صلب قابل لمقاومة الحرارة المنخفضة والعالية ومقاومة قوى التآكل والبرى، كما أن الصلب عالي الكربون يستخدم في إنتاج العدد والآلات وأهم منتجات الصلب المستعملة في أعمال الحدادة المعمارية هي ما يأتي:

أ) قطاعات الصلب.

ب) ألواح وشرائح الصلب.

ج) المواسير الصلب.

أ. قطاعات الصلب Steel Striks.

ب. ألواح وشرائح الصلب Steel Sheets تنتج الألواح و الشرائح من الصلب مغطاة بطبقة من الزنك طبقاً للمواصفات البريطانية 2989 لعام 1982 تنتج أيضاً الألواح غير مغطاة طبقاً للمواصفات البريطانية رقم 1449 الجزء الأول لعام 1972، ولهذه الألواح استخدامات عديدة في المباني مثل الشدادات الدائمة والمؤقتة، وحلوق الأبواب والشبابيك وأغطية غرف التفتيش المختلفة والصهاريج والخزانات والجالترابات والقواطيع بأنواعها وصناديق البريد والحريق ويمكن تثقيب الألواح لتلائم استخدامات أخرى كذلك يمكن تشطيبها بطرق مختلفة من الدهانات والتغطيات.

ج. المواسير الصلب Steel Tubes:

وتنتج هذه المواسير من الصلب الطري طبقاً للمواصفات القياسية البريطانية رقم 1775 لسنة 1964 للأغراض الإنشائية والميكانيكية، تتراوح

الأقطار من 21 مم إلى 1016 مم (نمط خارجي) لثلاثة تخانات مختلفة خفيفة ومتوسطة وثقيلة.

صلب لا يصدأ (*Stainless Steel*):

الصلب الذي لا يصدأ ليس معدناً واحداً ولكنه عبارة عن سبيكة من الصلب التي تحتوى على الأقل 12٪ كروم مع بعض العناصر الأخرى مثل النيكل والمنجنيز 0 كذلك يمكن إضافة الموليبدنوم وتنقسم أنواع الصلب الذي لا يصدأ إلى ثلاثة مجموعات تبعاً للبناء المعدني لكل منها كالتالي:

- Martensitic.
- Ferritic.
- Austenitic.

والتغير في البناء المعدني يحدث من خلط عناصر السبيكة المستخدمة خصوصاً الكروم والنيكل، وكل نوع يتم تطويره ليعطى مجالاً معيناً من الخصائص تناسب الاستخدامات المختلفة – يستخدم الصلب الذي لا يصدأ أساساً بسبب مقاومته العالية للتآكل بفعل الصدأ، كذلك مقاومته العالية لتأثير الكيماويات. كلما ازدادت نسب الكروم والنيكل والموليبدنوم زادت مقاومة الصلب الذي لا يصدأ للتآكل.

كما يستخدم في مجالات واسعة من الناحية المعمارية تشمل التكسيات الداخلية والخارجية والقواطيع والأبواب والشبابيك والسلالم خاصة السلالم البحاري لحمامات السباحة والدرابزينات وتغطية الأسطح والأحواض والتركيبات الخاصة بالتغذية بالمياه ولحام هذا النوع من الصلب له اشتراطات خاصة.

اكاسيد وكبريت الحديد:

يتفاعل الحديد مع الأكسجين في الهواء مكوناً اكاسيد الحديد وأشهرها: أكسيد الحديد الأسود (Fe_2O_4) وأكسيد الحديديك (Fe_2O_3) وأكسيد الحديدوز (FeO)، وإن كان غير مستقر في درجات الحرارة العادية. هذه الأكسيد

هي الخامات الأساسية لإنتاج الحديد. أما أشهر كبريتيدات الحديد فهو البيريت (F_eS_2) والذي يعرف بالذهب الكاذب.

هاليدات الحديد:

عرفت هاليدات الحديد الثنائية والثلاثية منذ القدم باستثناء يوديد الحديديك، وهي تنشأ عن طريق تفاعل معدن الحديد مع حامض هالوجيني لكي ينتج عن ذلك التفاعل أحد الأملاح المائية.



$$Fe + 2\,HX \rightarrow FeX_2 + H_2$$

يتفاعل الحديد مع الفلور الكلور البروم وينتج عن ذلك هاليدات الحديديك، وأشهرها كلوريد الحديديك:

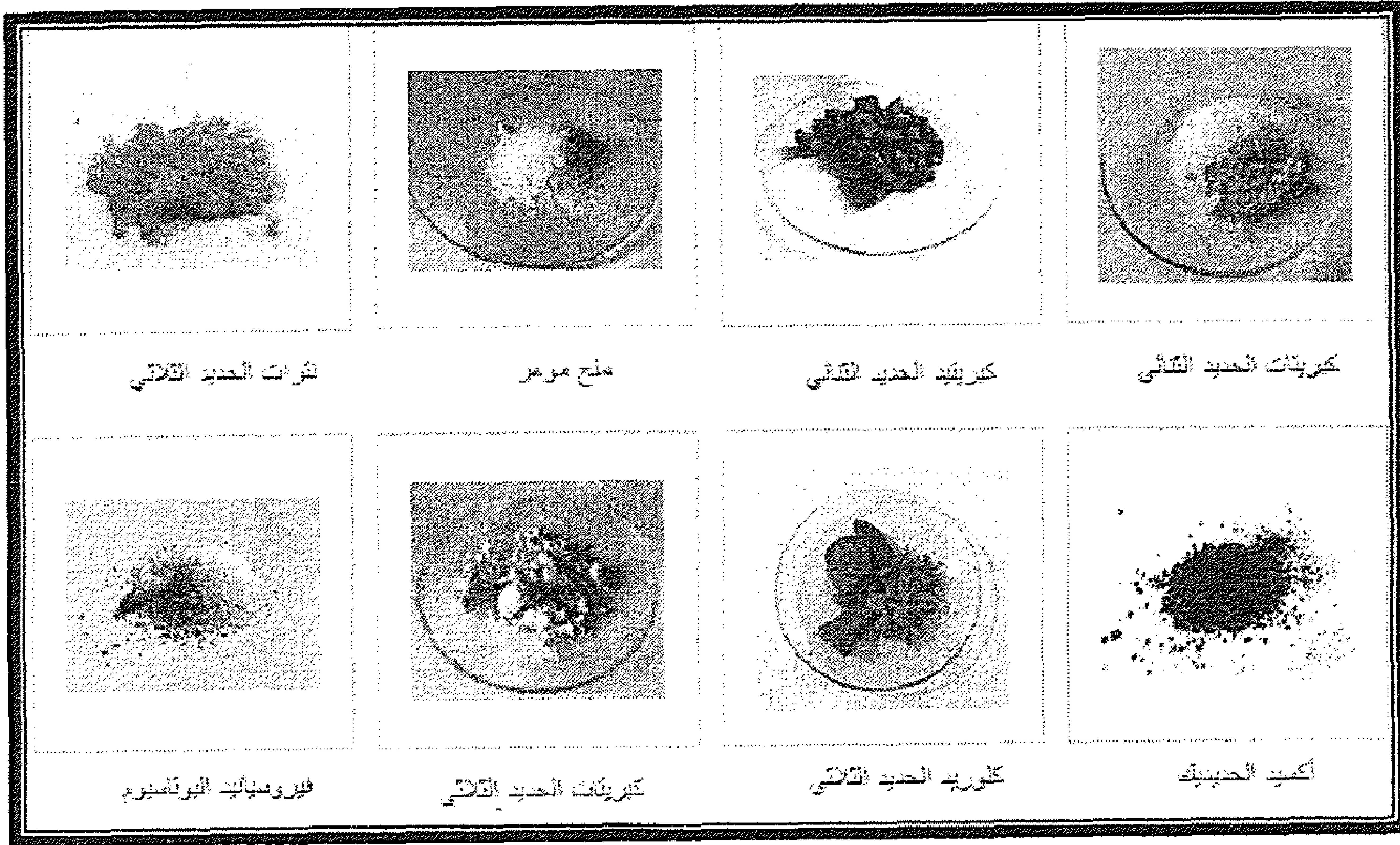


$$2\,Fe + 3\,X_2 \rightarrow 2\,FeX_3\ (X = F, Cl, Br)$$

سيانيدات الحديد:

يدخل الحديد في العديد من مركبات السيانيد. من أشهر مركبات السيانيد التي يدخل فيها الحديد مسحوق أزرق بروسيا $(Fe_4(Fe(CN)_6)_3)$، وفيروسيانيد البوتاسيوم وفيريك – سيانيد البوتاسيوم.

كما يستخدم مسحوق أزرق بروسيا كترياق من سموم الثاليوم السيزيوم المشعة، كما يستخدم كصبغة زرقاء لإزالة اصفرار الماء نتيجة وجود رواسب من أملاح الحديد.



مركبات الحديد 1

حديد التسليح في أعمال البناء:

بصفة عامة ينقسم الحديد إلى قسمين:

1. الصلب عالي المقاومة High Tensile Steel

وهو ما يطلق عليه حديد (52) وتكون مقاومته للشد 52 كغم/مم^2 ويكون الإجهاد له 36 كغم/مم^2 والاستطالة 18٪ ولا تزيد نسبة الكربون فيه عن 3٪ وهذا النوع شائع الاستخدام.

2. **الصلب الطري مقاومته للشد 35 كغم/مم^2 ويكون الإجهاد له 32 كغم/مم^2 والاستطالة 20٪ وهذا النوع مستخدم ولكن ليس كسابقه.**

اختبارات حديد التسليح:

اختبارات الشد: يجرى اختيار واحد للشد لكل مجموعة من الأسياخ تزن 10 أطنان في حال تعدد مقاسات أقطار الأسياخ (المقاطع) في المجموعة الواحدة يجري اختبار كل واحد على حدا.

اختبارات الثني على البارد: يجرى اختبار واحد للشد لكل مجموعة من الأسياخ تزن 10 أطنان في حال تعدد مقاسات الطلبية الواحدة يتم اختبار الثني لكل مقاس على حدا.

الخاصية	قضبان الصلب المدلفنة علي الساخن			قضبان الصلب المعالجة علي البارد
	طري أملس	متوسط المقاومة للشد	عالي المقاومة للشد	
إجهاد الخضوع (الضمان عند استطالة ٠,٢٪)كجم/سم٢	٢٤٠٠	٣٥٠٠	٤٢٠٠	٤٢٠٠
مقاومة الشد كجم/سم٢	٢٧٠٠	٥٠٠٠	٥٥٠٠	٥٠٠٠
الاستطالة محسوبة علي طول قياس أدنى يعادل ١٠ق	١٨٪	١٦٪	١٢٪	١٠٪
قطر الثني علي البارد ١٨٠°	٢ق	٣ق	٤ق	٥ق

ق= قطر القضيب

يبين جدول الخواص الميكانيكيه للحديد

أقطار حديد التسليح

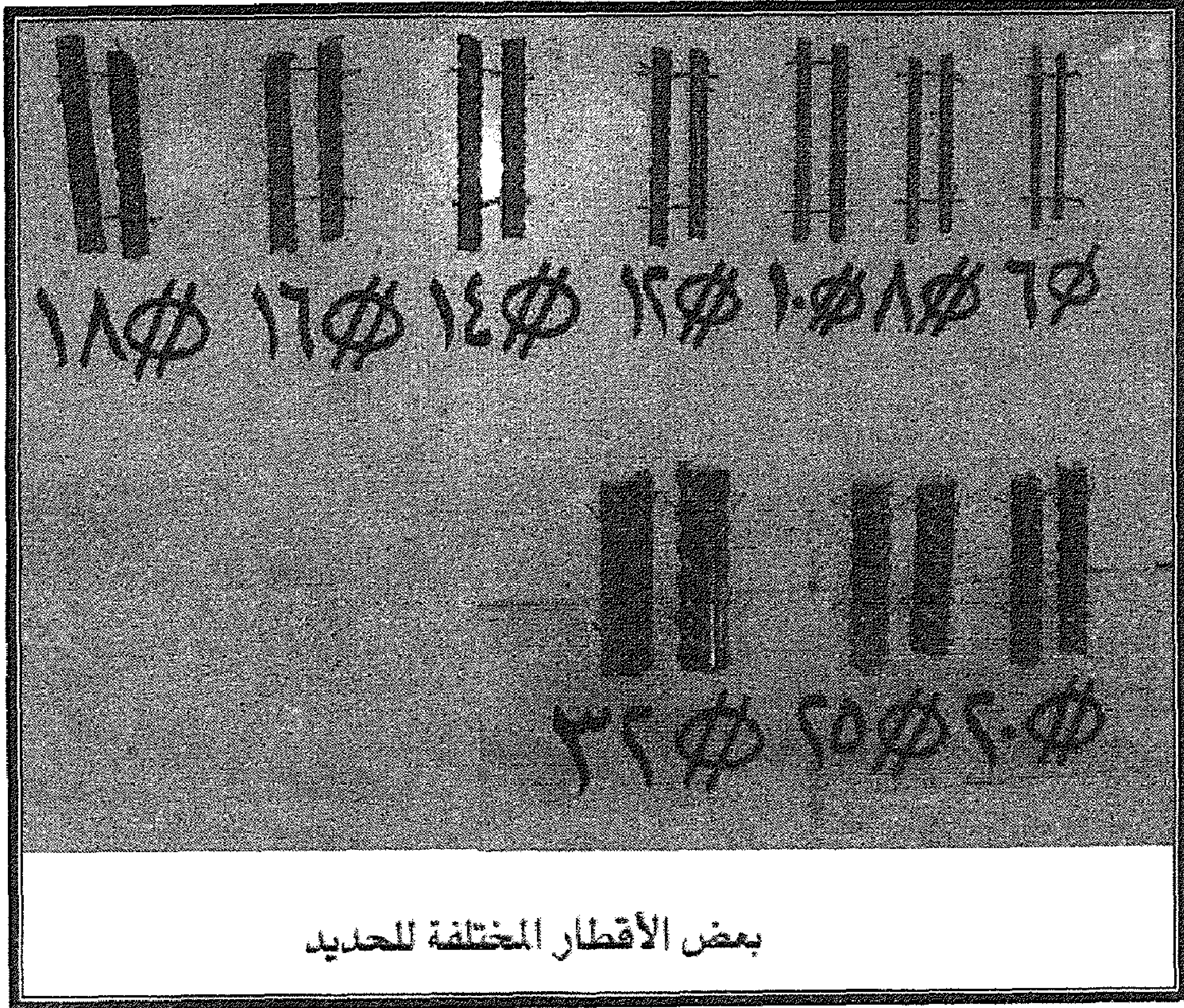
يبين الجدول التالي الأقطار المتداولة لحديد التسليح والوزن لكل قطر لطول قياسي واحد متر لجميع الأقطار.

القطر مم	الوزن(كجم/م/ط)	مساحة القطع سم٢	القطر مم	الوزن(كجم/م/ط)	مساحة القطع سم٢
٦	٠,٢٢٢	٠,٢٨٣	٢٢	٢,٩٨	٣,٨١
٨	٠,٣٩٥	٠,٥٠٣	٢٥	٣,٨٥	٤,٩١
١٠	٠,٦٧١	٠,٧٨٥	٢٨	٤,٨٣	٦,١٦
١٢	٠,٨٨٨	١,١٣٠	٣٢	٦,٣١	٨,٠٤
١٤	١,٢١٠	١,٥٤٠	٣٦	٧,٩٩	١٠,٢٠
١٦	١,٥٨٠	٢,٠١٠	٤٠	٩,٨٧	١٢,٦٠
١٨	٢,٠٠٠	٢,٥٤٠	٤٥	١٢,٥٠	١٥,٩
٢٠	٢,٤٧٠	٣,١٤٠	٥٠	١٥,٤٠	١٩,٦٠

يبين جدول أقطار الحديد

ملاحظة: م: متر، ط: طولي.

وتجدر الإشارة أن أسياخ الحديد ذات الأقطار 6 مم و 8 مم تستعمل في أعمال الكانات والفرشات وغطاء البلاطات أما الأقطار من 12 مم إلى 50 مم فتستعمل في للفرشات والغطاء للقواعد والمكسح للكمرات وفي الأعمدة والحوائط وذلك حسب التصميم الإنشائي.



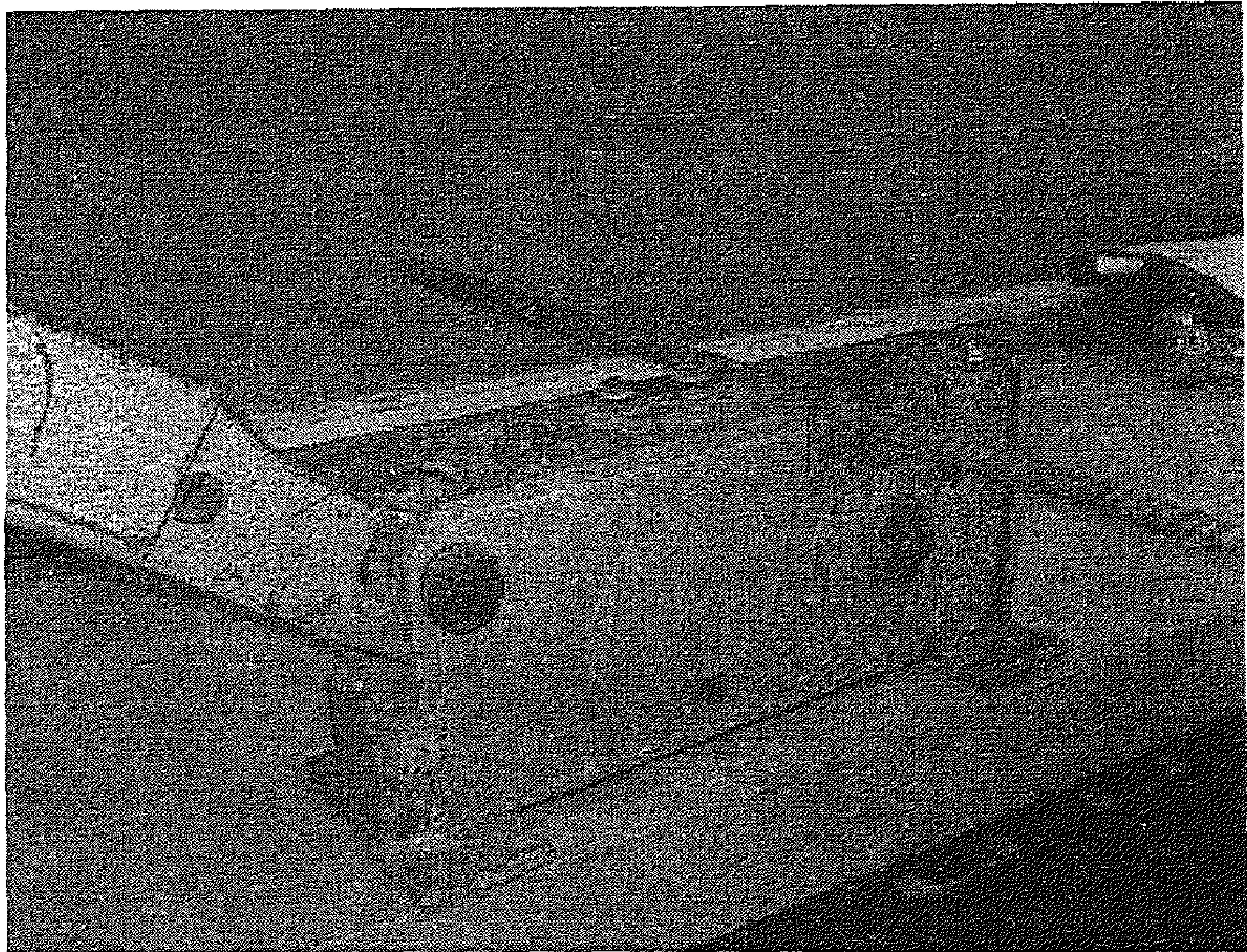
بعض الأقطار المختلفة للحديد

العدد والآلات المستخدمة في إعمال حديد التسليح:

يوجد مجموعة من العدد تستخدم في أعمال الحدادة الخاصة بأعمال التسليح وأهم هذه العدد ما يلي:

1. مقطع حداداي (أجنة): وهي قطعة من حديد الصلب مدببة تستخدم في قطع الأسياخ وذلك بالطرق عليها.
2. المهدة (المزربة): وهي كتلة حديدية مربعة الشكل أو مسدسة لها يد من خشب أو ماسورة تستخدم للطرق على أجنة لتقطيع الأسياخ.

3. السندال (البلص): مدق من الحديد الصلب الثقيل توضع عليه الأسياخ أثناء عملية التقطيع.
4. الملاوينة: سيخ حديد يتم إعداده بطريقة خاصة يستخدم في تعديل وتجنيش أسياخ الحديد ذات الأقطار الأقل من الملاوينة.
5. قاعدة التجنيش: وتكون مثبتة على بنك خشبي تستخدم في الملاوينة لتعديل وكسح حديد التسليح.
6. المفتاح: سيخ حديد يأخذ شكل معين يستخدم في استعدال أسياخ الحديد خاصة حديد اللفات.
7. ماكينة الكانات: وتكون مثبتة على بنك خشبي الخاص بالتقطيع وتستخدم في لف الكانات مع اليد.
8. المقص: أداة كهربائية أو يدوية تعمل على تقطيع الأسياخ.
9. ثناية: أداة تستخدم في كسح أسياخ الحديد تعمل بالكهرباء بدل الملاوينة.

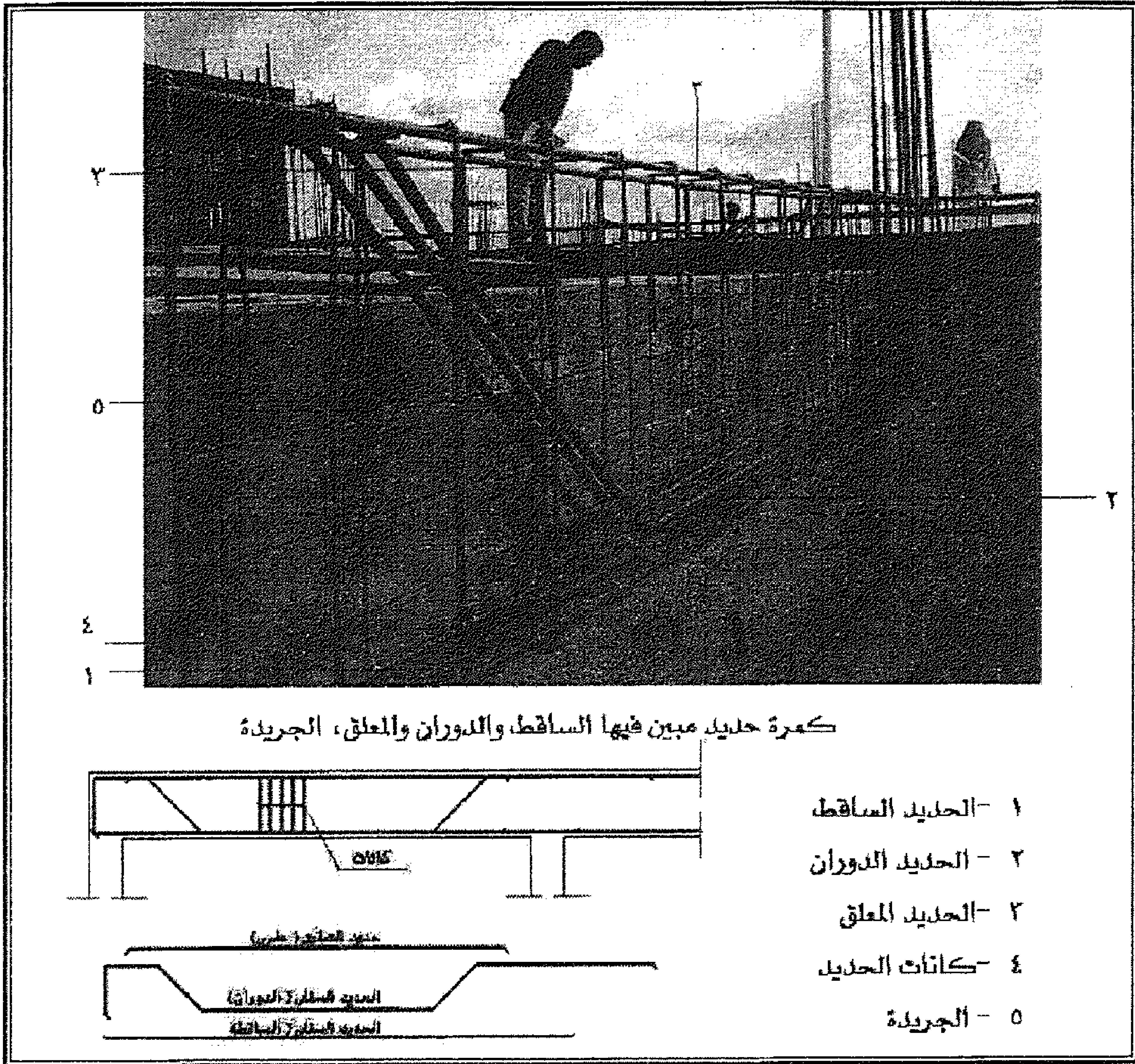


مقص لتقطيع الأقطار المختلفة للحديد

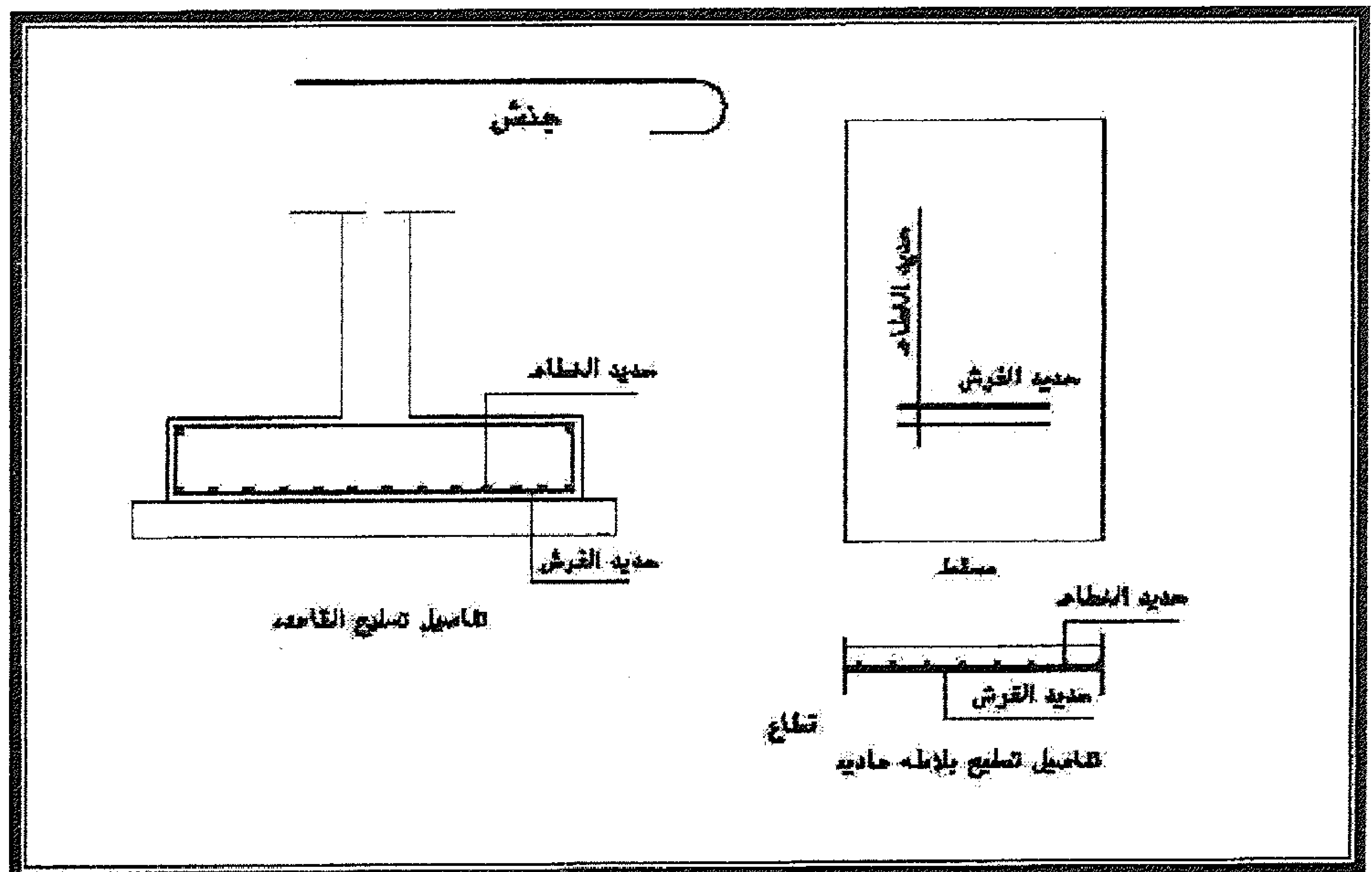
المصطلحات المستخدمة في حديد التسليح:

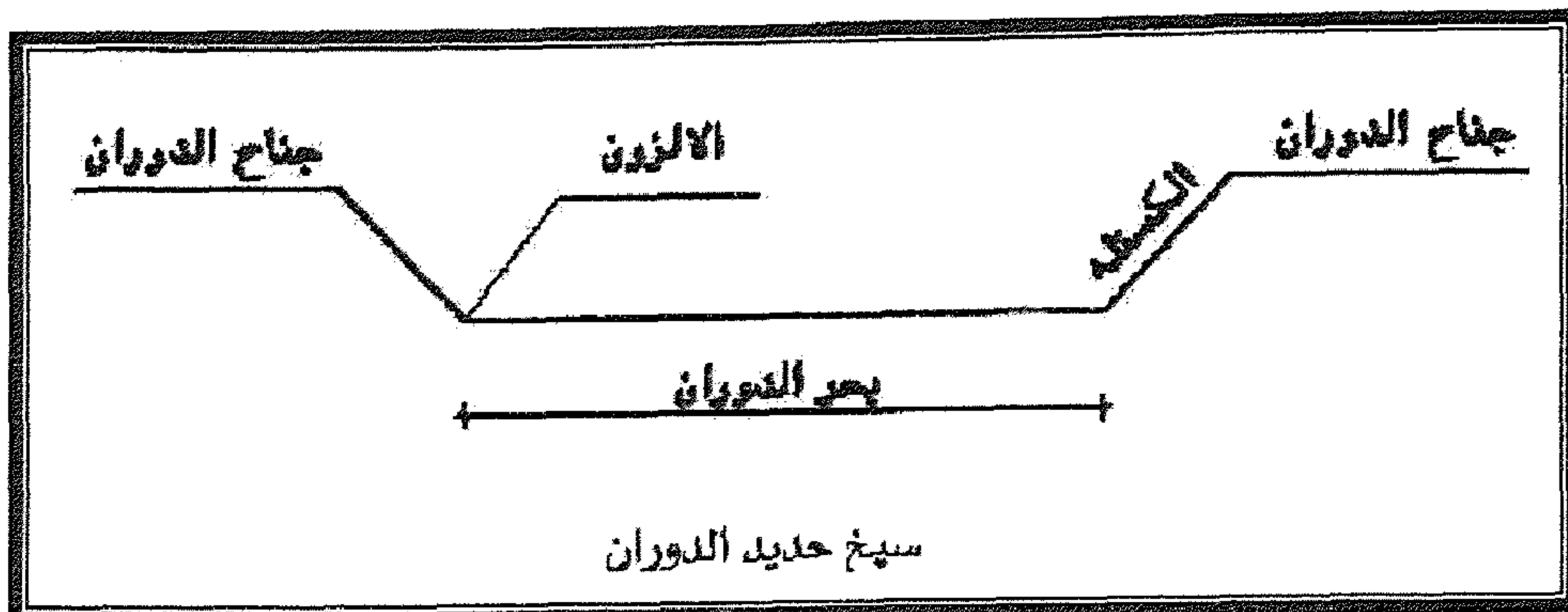
1. الساقط: وهو الحديد العدل المستقيم الذي يستخدم أسفل الكمرات (حديد رئيسي).
2. الدوران: وهو الحدي المكسوح (المكرب) الذي يستخدم أسفل الكمرات (حديد رئيسي).
3. المعلق: وهو الحديد الذي يستخدم أعلى الكمرات (حديد ثانوي).
4. الكستلة أو الجريدة: هو الجزء المائل على زاوية 45 من السيخ المكسوح في الكمرات والكوابيل.
5. الفرش: هو الحديد السفلي في البلاطات والقواعد المساحة ويوضع دائماً في الاتجاه القصير (حديد رئيسي).
6. الغطاء: هو الحديد العلوي في البلاطات والقواعد المساحة ويوضع دائماً في الاتجاه الطويل (حديد ثانوي).
7. بحر الدوران: الجزء العدل من السيخ المكسوح.
8. الألزون: هو نقطة التقاء الكستلة (الجريدة) مع بحر الدوران أو جناحه.
9. الجنش: خطاف نهاية السيخ ليزيد التماسك بين الأسياخ ويستخدم في الحديد الطري.
10. التكريب: عملية تكسيح حديد السقف في البلاطة وتتم هذه العملية أثناء الصب أو قبل الصب مباشرة.
11. البادي: أول سيخ في باكية السقف أو القاعدة أو أول كانة يتم وضعها في العمود أو الكمرة.
12. التقسيط: عملية ضبط المسافات بين أسياخ الفرشات والغطاء في البلاطات والقواعد أو بين الكانات في الأعمدة والكمرات أو بين القوائم في البراندات في الحوائط المسلحة.
13. الوصلات: عملية وصل الأسياخ إذا كان طولها أقصر من طول الجزء المستخدم فيه.

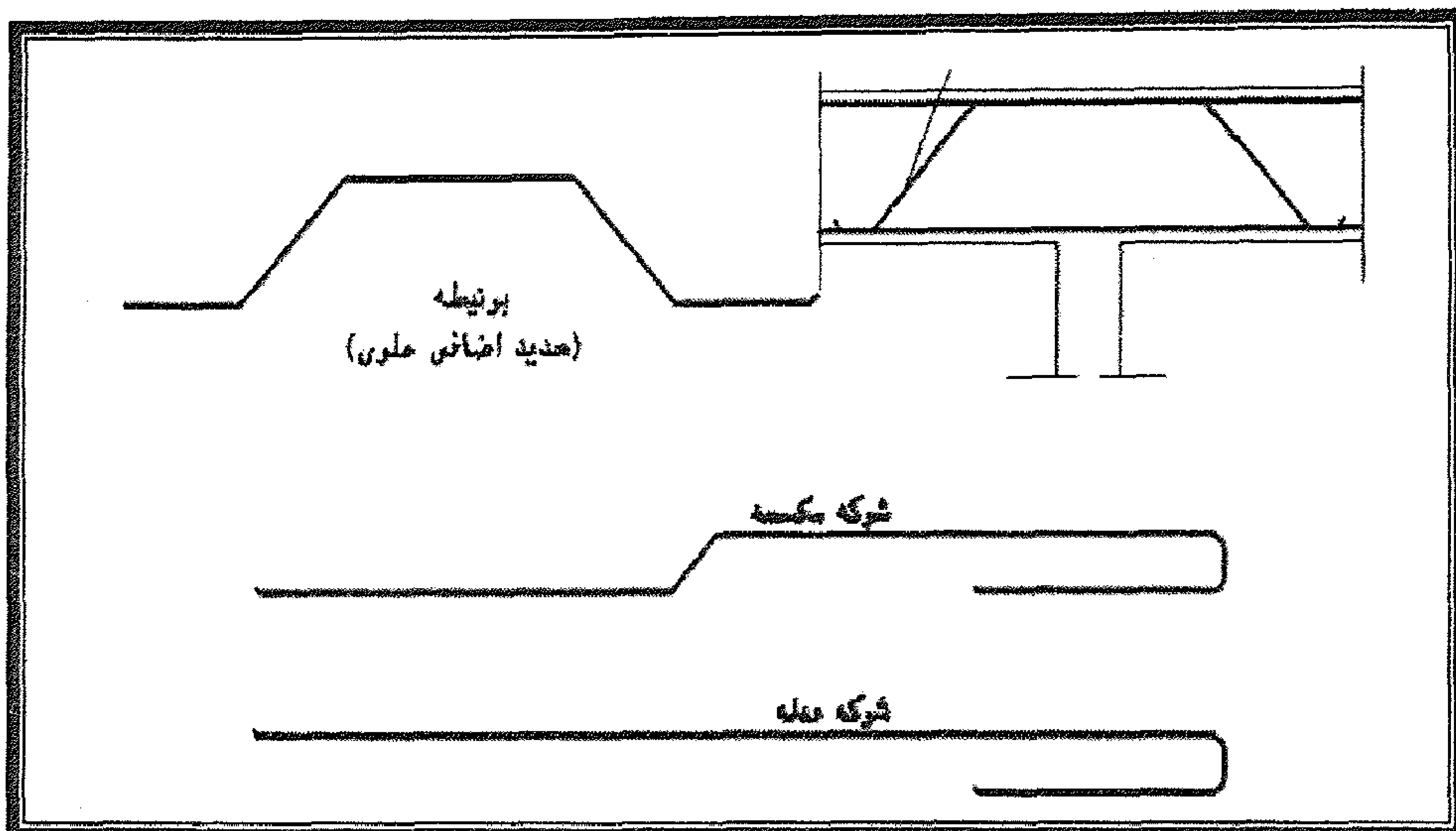
14. البرانيط أسياخ حديد عدلة أو مكسوحة توضع فوق الكمرات في الأسقف لزيادة مساحة الحديد فوق أماكن الارتكاز لمقاومة إجهاد الشد التي بها عزم انحناء سالب.
15. الشوك: أسياخ حديد تأخذ شكل معين وتلح بها كوابل البلاطات مثل البروزات.
16. القواتير: أسياخ ذات قطر يبدأ من 14 مم يوضع فوق التطبيق مباشرة في الأماكن التي يتعذر فيها عمل كمرات ساقطة لأسباب معمارية.
17. الكرافته: أسياخ حديد يأخذ شكل معين ويوضع في الكوابل تربيط حديد الكابولي بالكمرة المرتكزة عليها أومع الحوائط الرأسية والأفقية لخزانات المياه.
18. البراندة: سيخ حديد عدل يستعمل في حديد تسليح الحوائط المسلحة (تسليح أفقي) ويوضع في منتصف الكمرات ذات الأعماق الكبيرة التي يزيد عمقها عن 60 سم لمنع الانكماش.
19. البسكويت: هي قطع من الخرسانة قياس 5×5×2.5 توضع أسفل تسليح البلاطات أو هي عبارة عن كراسي من البلاستيك بأشكال مختلفة لرفع الحديد والحفاظ على مسافة الحماية المطلوبة للحديد.
20. الكرسي: سيخ حديد يتم تشكيله بارتفاع معين طبقاً لسمك القاعدة بهدف رفع الحديد في الأجزاء العلوية.

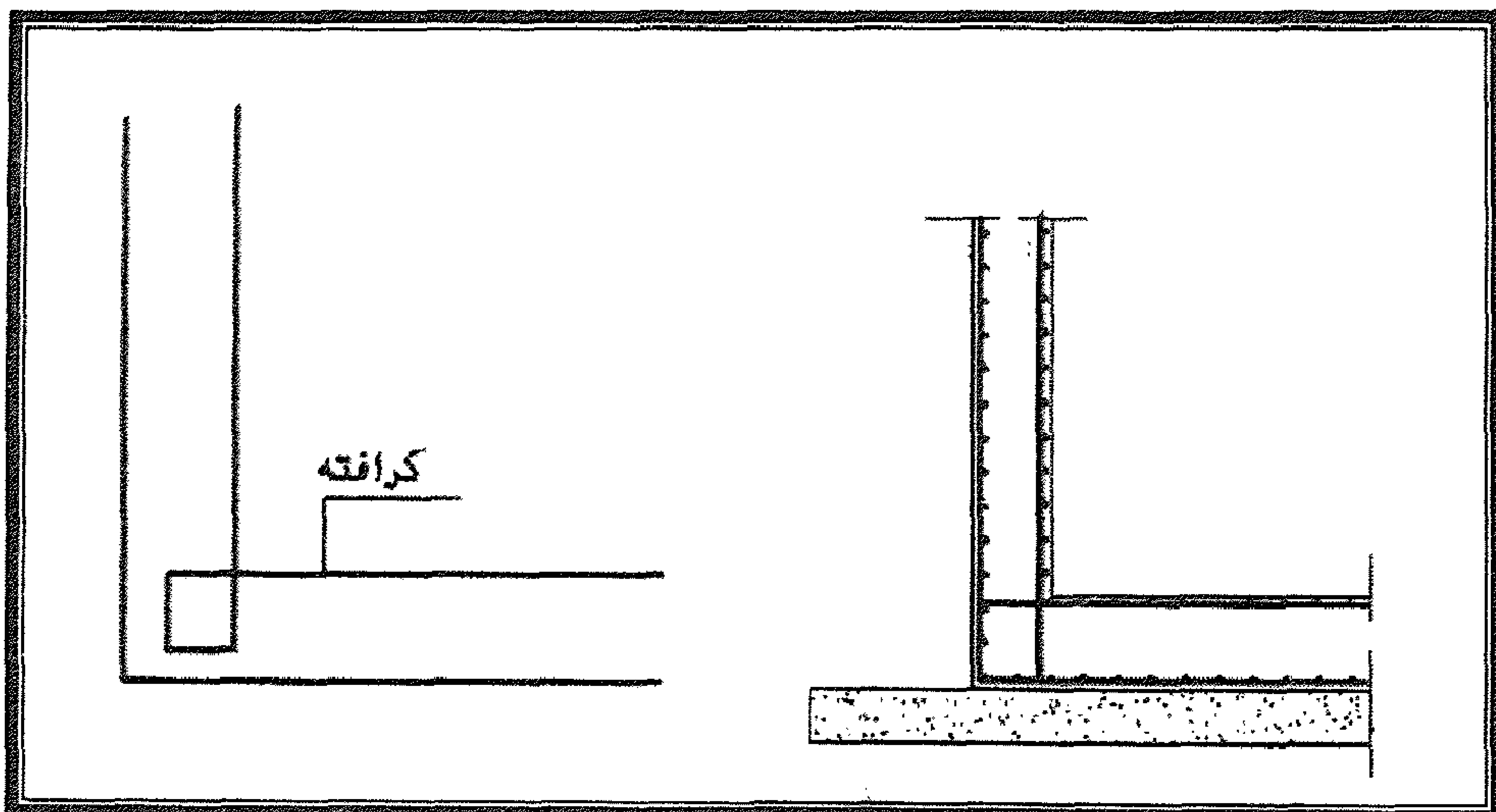


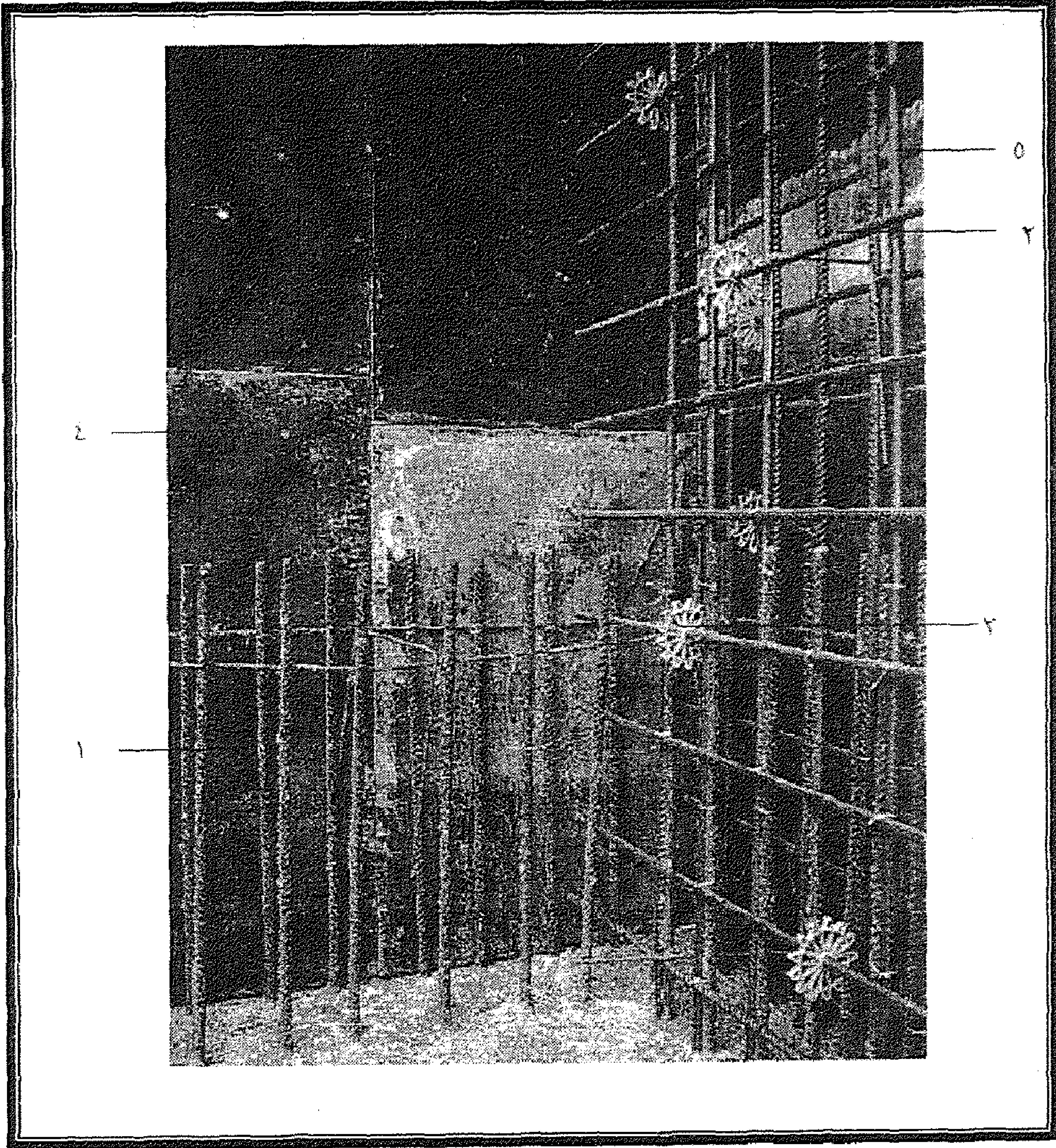
كمرة حديد مبين فيها الساقط والدوران والمعلق، الجريدة



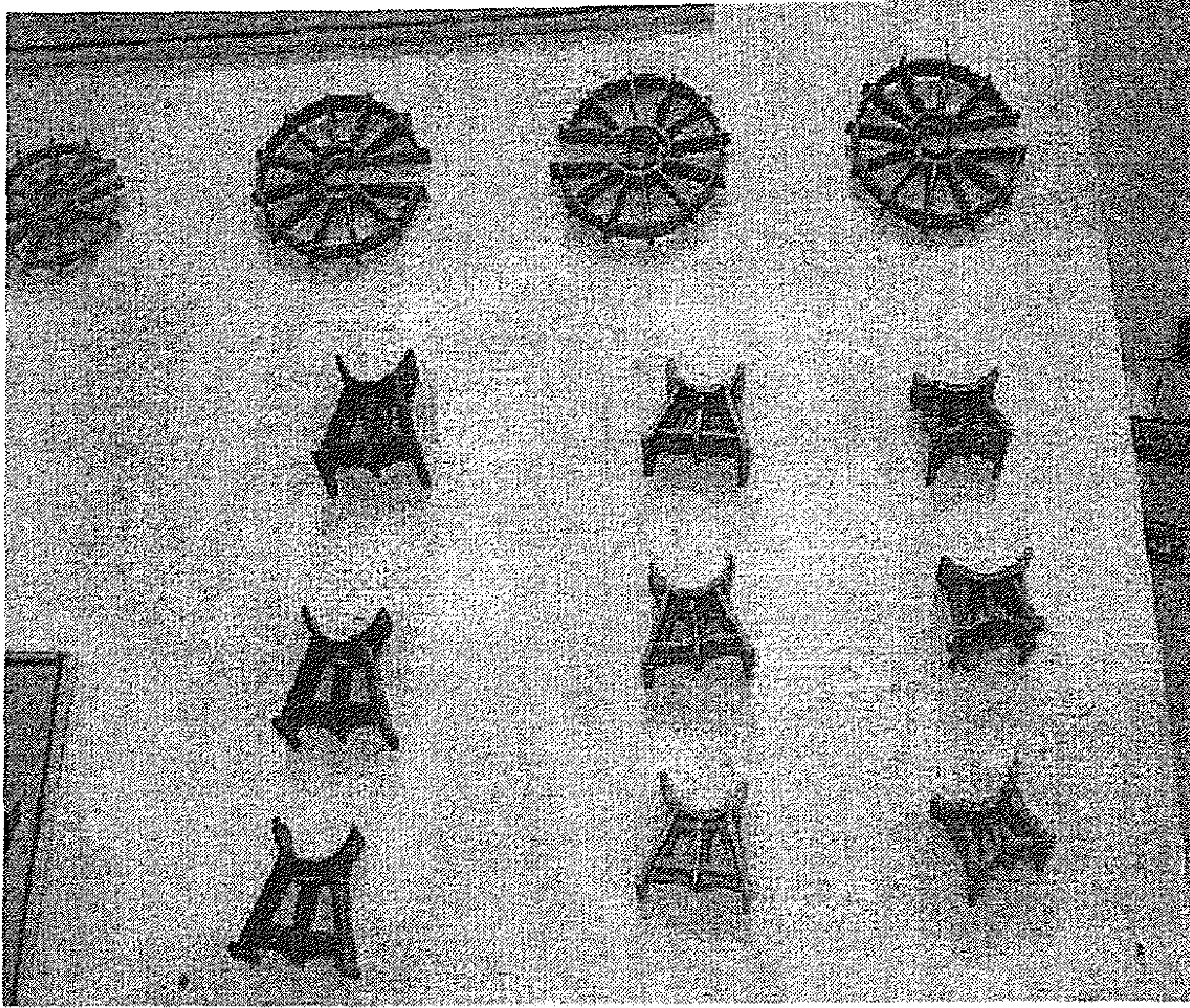

جناح الدوران
الالزون
جناح الدوران
الكسحة
بحر الدوران
سيخ حديد الدوران


برنيطه
(حديد اضافى علوى)
شوكه مكسحه
شوكه عدله


كرافته



1. اشارير الحديد من القواعد الشريطية.
2. البراندات التسليح الأفقي.
3. البسكويت لحفظ مسافة الغطاء.
4. خشب الشدة كونتر (اللاتيه) أو ميلامين.
5. التسليح الرأسي.



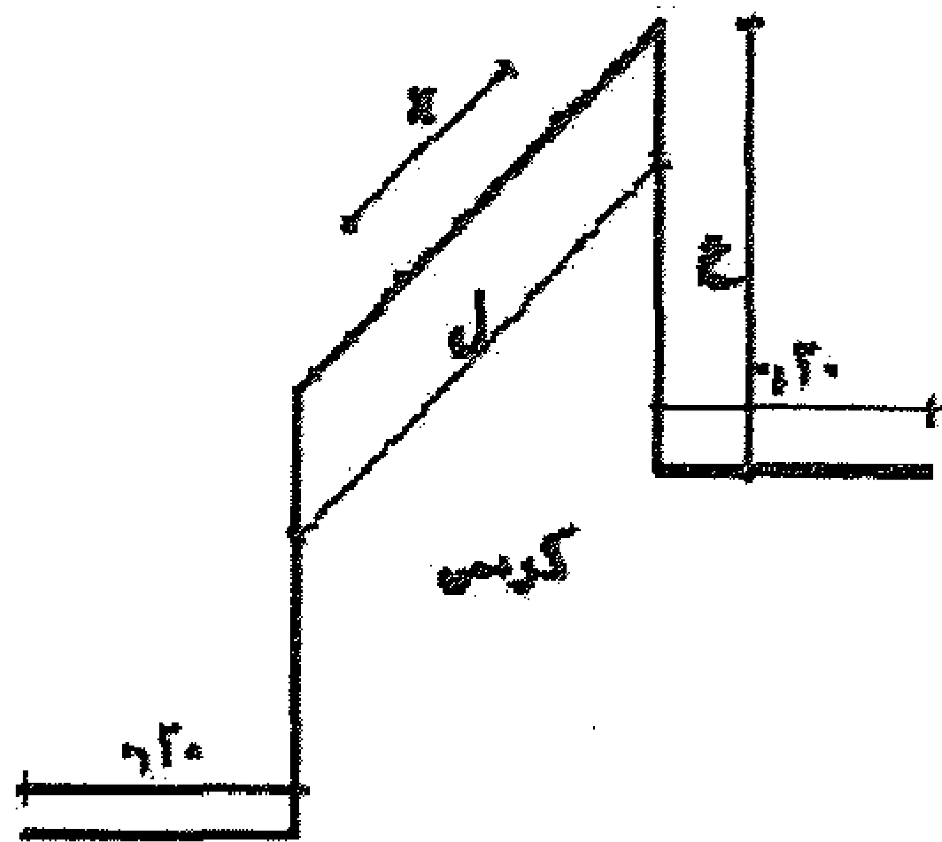
٢

١

أشكال مختلفة من البسكويت المستخدمة في أعمال الحدادة

(١) بسكويت لرفع الأسياخ (تستخدم في البلاطات)

(٢) بسكويت دائري يستخدم في الأعمدة والحوائط وجوانب الكمرات



ل = علي الأقل تساوي رفع ٢سيخ

x = مقدار التقسيط للأسياخ

ع = ارتفاع رقبة الحديد

الفصل السادس 6

البلاستيك

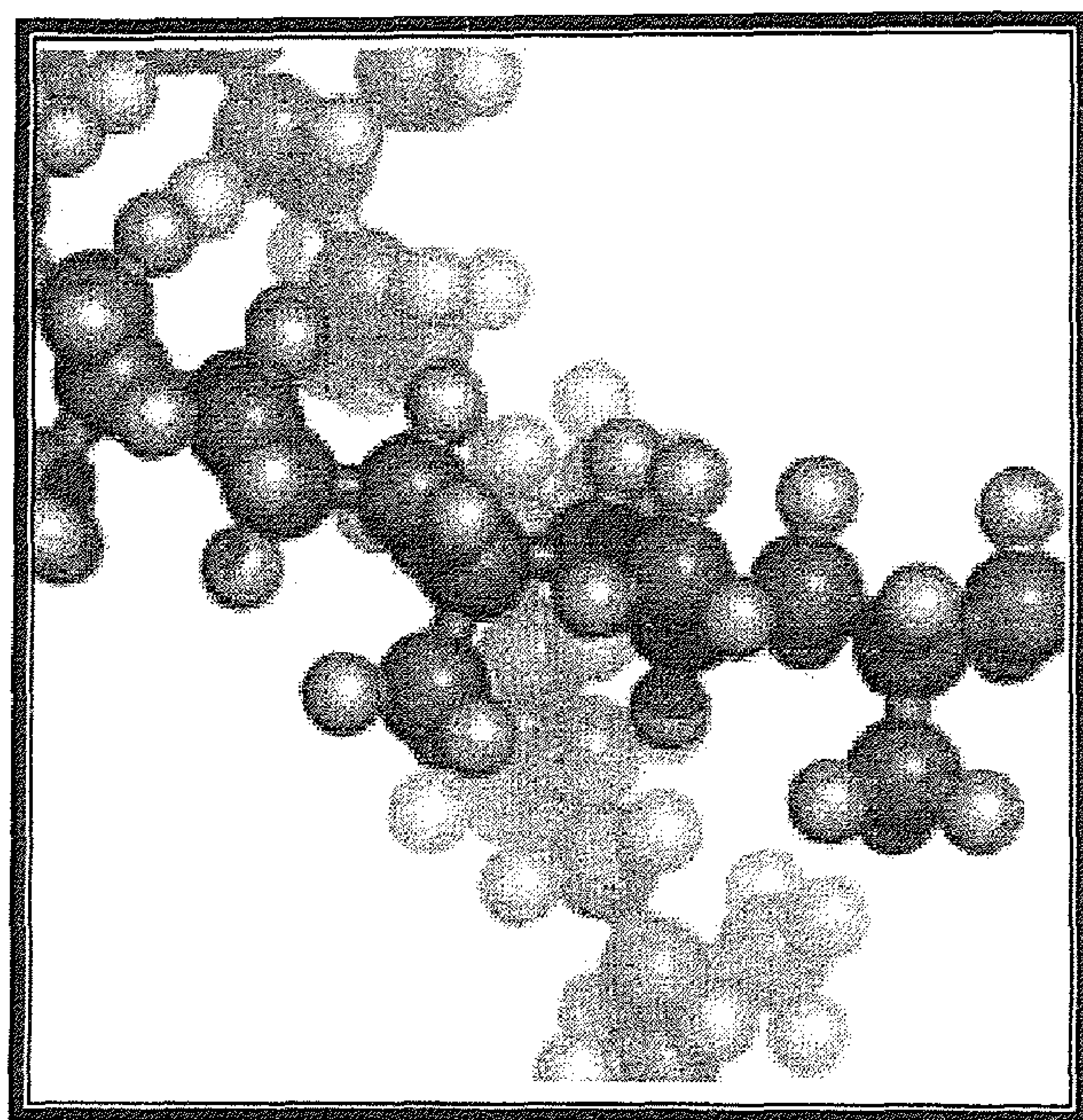
PLASTIC

البلاستيك

PLASTIC

ظهرت الصناعة البلاستيكية وازدهرت وأصبحت في يومنا هذا تحتل الصدارة بالنسبة للصناعات الحالية نظراً لاستخداماتها العديدة في حياتنا اليومية وذلك لأنها تدخل في تركيب الأشياء والأدوات المحيطة بنا.

البلاستيك أو ما يعرف باللدائن هو مادة يمكن تشكيلها بصورة مختلفة تكون أساسا من سلاسل تدعى البولي مار أو البوليميرات. يتم استخلاصها من المواد التالية: البترول والغاز الطبيعي والفحم.



البولي مار

واللدائن (بالإنجليزية: Plastics) مصطلح يطلق على مجموعة من المنتجات التخليقية من المبلمرات.

والمبلمرات هي عبارة عن مركبات ذات كتلة جزيئية كبيرة تنتج من اتحاد جزيئات صغيرة تدعى مونومرات (أحادية الوحدة). ومن الأمثلة عليها السيلسولوز مبلمر طبيعي البوليستيرين مبلمر صناعي. السيلسولوز: مبلمر من عدد كبير من

وحدات الجلوكوز C6H12O6 البوليستيرين: مبلمر من وحدات صغيرة تدعى السترين $C_6H_5CCH=CH_2$ والمبلمرات مركبات ذات أهمية كبيرة في حياة الإنسان فهي جزء من بناء جسمه الحي ومثال عليها البروتينات التي تبني أجسام الكائنات الحية ومبلمر البولي فنيل كلورا يد (PVC) لذي يتكون من مونومرات $H_2C=CHCL$ ويستخدم في صناعة التمديدات الصحية ومواد عزل كهربائي وحراري. يستخدم مصطلح المبلمرات في البروتينات التي تعد مبلمرات لأحماض أمينية.

يعتبر البلاستيك نوع من أنواع المواد العضوية والشبه عضوية والبوليمرات المصنعة ويوجد العديد من الأنواع من البلاستيك ولكن حتى عام 1930 كان البلاستيك المعروف هو السيليلويد والباكيلايت وبعد ذلك تم اكتشاف أنواع عديدة من البلاستيك من بينها النايلون والبوليتين والتيريلين والبوسليسترين. يذكر أن العالم الأمريكي البلجيكي ليو بايكلاند كان أول من صنع البلاستيك في العام 1907.

ومما لاشك فيه أن صناعة اللدائن تقريبا دخلت كل بيت ومصنع ومكتب فالمقاعد والطاولات وأدوات المائدة والأسقف المعلقة وطلاء الجدران والسيارات والطائرات ومركبات الفضاء وأجهزة التليفزيون والمسجلات السمعية والبصرية وأعمدة الإنارة والملابس لا تخلو من أجزاء البلاستيكية في صنعها مما يجعل الاستغناء عنها أمرا صعبا لان الصناعات البلاستيكية هي صناعة العصر التي تستثمر فيها بلايين الدولارات في مختلف بلدان العالم الغنية والفقيرة على السواء لإنتاج المواد التخليقية والتي بدورها تستخدم في تصنيع مختلف الأشياء التي لم يكن يحلم بها أحد منذ سنوات قليلة.

لقد أصبح البلاستيك شيئا مقبولا في المجتمع الذي نعيشه مكونا حضارة كاملة بما يفرزه لنا من جديد التصميمات والأشكال كل يوم بما يجعلنا نقول بكل اطمئنان إننا نعيش عصر البلاستيك الذي هو راتنجات صناعية تنتج من تفاعلات كيميائية لمواد عضوية، وترتبط صناعة البلاستيك ارتباطا وثيقا ببعض الصناعات

الأساسية العصرية كتقطير البترول وصناعات الحديد والصلب والصناعات الكيميائية، كما أنها تدخل مباشرة في صناعات أخرى لا حصر لها كالصناعات المعدنية والأخشاب وكابلات الكهرباء والإلكترونيات والأجهزة المنزلية وصناعات التغليف.. الخ.

واعتمدت صناعة البلاستيك في تطورها التاريخي بالصناعات الأخرى ثم تفوقت على تلك الصناعات في مدى قصير نسبيا وظهرت أول مادة بلاستيكية عام 1868م يتم إنتاجها تجاريا وهي مادة (السيلولويد) والتي حصل عليها جون وسيلي هيات من تفاعل الكافور مع نترات السليلوز في تجربة كان يقصد بها استبدال العاج في كرات البلياردو بمادة أخرى إلا أن هذه المادة لم يكن بالإمكان صبها في قوالب لتشكيلها بالشكل المطلوب واقتصر الحصول عليها في شكل رقائق استخدمت في صناعة الهيكل الداخلي لنوافذ السيارات وأفلام الرسوم المتحركة.

ولما كانت نترات السليلوز من المواد سريعة الاشتعال وشديدة الانفجار فقد استبدلت فيما بعد بمواد بلاستيكية أخرى صعبة الاشتعال، وظهرت ثاني مادة بلاستيكية في عام 1907م عندما أعلن (د. ليو بكلاند) عن راتنج جديد (الفينول فورمالدهيد) وأطلق عليه اسم (باكلايت) الذي أصبح من اللدائن الرئيسية في هذه الصناعة نظرا لإمكانية صبه في قوالب ذات أشكال مختلفة تحت تأثير الحرارة والضغط لصنع منتجات ذات مقاومة علية للحرارة كمقابض المقالي والبرادات وفيش الكهرباء.

وتعاقبت سنوات قليلة مر بها تطور سريع لعلم المواد المصنعة وتولدت تقنيات جديدة مصاحبة لاكتشافات علمية مكنت الكيميائيين من تقديم مواد بلاستيكية ذات خواص محسنة ومتنوعة ومتزايدة، ففي عام 1927م ظهرت خلات السليلوز التي أمكن تشغيلها بطريقة قوالب الحقن اعقبها ظهور راتنجات الفنيل ثم البوليسترين والبولي ايثيلين في أشكال مختلفة مما أدى إلى إغراق السوق بأنواع جديدة ومتباينة في طرق التصنيع من المواد البلاستيكية والتي ساهمت يوما بعد يوم في سد جزء من

احتياجاتنا اليومية ويمكن تقسيم صناعة البلاستيك إلى قسمين رئيسيين هما: تصنيع اللدائن والمنتج النهائي.

أما تصنيع اللدائن فيقصد بها عملية الحصول على المادة الراتنجية من خاماتها الأولية (أساسا البترول) وتقوم بذلك شركات كبيرة ذات استثمارات طويلة الأجل تعتمد في عملها على مصانع البتروكيماويات حيث تتوافر لها معامل أبحاث حديثة وعلماء متخصصين لإنتاج مختلف أنواع الراتنجات في أشكال قياسية كالمساحيق والحبيبات والعصي والسوائل والعجائن.

أما النوع الثاني من صناعة البلاستيك وهو المنتج النهائي فيقصد به عملية تشكيل الراتنجات في صورة المنتج النهائي الصالح للاستعمال الاستهلاكي اليومي وتعتمد المصانع في عملها على مكونين أساسيين هما مادة الراتنج وشكل القالب المطلوب إلى جانب عدد غير محدود من نوعيات ماكينات التشغيل التي تختلف في تصميمها حسب طريقة الإنتاج المستخدمة في التصنيع.

لذلك يتفاوت حجم المؤسسات العاملة في مجال الحصول على المنتج النهائي تفاوتا كبيرا فمنها مؤسسات ضخمة تقوم بصنع الماكينة والقالب (مثل أمريكا وألمانيا واليابان) وأخرى اصغر منها حجما تقوم بتصنيع القالب فقط في ورش خاصة بها كما يحدث في معظم مصانع البلاستيك في العالم الثالث كما توجد الكثير من الوحدات الإنتاجية (الورش) التي تقوم بتشغيل المنتج النهائي فيها بعد الحصول على الراتنج والآلة والقالب من مصادر خارجها، وظهر في هذا المجال شركات تقوم بتأجير القالب المطلوب لفترة محدودة لتلك الورش الصغيرة.

تركيب البلاستيك:

يتركب البلاستيك من الإيثلين (هو غاز عضوي يتكون جزيء الواحد من ذرتين من الكربون وأربع ذرات من الهيدروجين ،ويرمز له بالصيغة:(C_2H_4)، أحد مشتقات النفط، الذي يستخدم في صناعة البوليثين من أشهر أنواع البلاستيك لاحتوائه على الكربون الذي يشكل العنصر الفعال في صناعة البولي مار، ويضاف

إليه مواد تكسبه خواص معينة كالليونة والمرونة والشفافية. تشمل صناعة البلاستيك: تصنيع البوليميرات تشكيل المنتج النهائي.

تحضير البولي مار:

تقوم مصانع البيتروكيماوية بتحويل البترول الخام إلى مونومرات عن طريق تكسير الروابط ثم يتم ربط المونوميرات في سلاسل طويلة تدعى البوليمارات ويتم إنجازها في وحدات قياسية.

تشكيل المنتج النهائي:

يتم خلالها تشكيل المنتج النهائي بعد إضافة المواد التالية:

المقويات، المالئات، الملدنات، الاخضاب لتحسين خواصه وتوجد اللدائن على شكل حبيبات بودرة أو سوائل أو عصي أو أنابيب وبالتالي فان عملية تصنيعها للحصول على المنتج النهائي تختلف لتتناسب مع طبيعة الشكل الموجودة عليه. وتمر عمليات التصنيع والتشكيل بعدة مراحل هي:

1. طريقة القولبة بالحقن *Injection moulds*:

يمكن القول إن أسلوب تصنيع البلاستيك بطريقة قوالب الحقن هو الأسلوب الشائع الاستعمال في تشكيل المواد البلاستيكية وهو أيضا واحد من أقدم الأساليب في هذا المجال. ويمكن تلخيص أساسيات عملية الصب في قوالب بواسطة الحقن إلى الخطوات التالية:

1. يملأ القادوس بحبيبات الراتنج المستخدم.
2. يسخن الراتنج إلى الدرجة التي تجعله لينا وقابلا للتدفق.
3. يدفع الراتنج المتدفق خلال الفونية إلى تجويف القالب (أنثى القالب).
4. عندما يبرد القالب فينفصل نصفيه متباعدين.
5. يطرد المنتج النهائي من القالب.

وقد توجد خطوات اقل أو أكثر من هذه الخمسة الأساسية حسب نوع وطراز ماكينة الحقن المستخدمة إلا أنها ولابد أن تتبع هذه الخطوات الأساسية، توجد مكائن الحقن في أحجام وقدرات مختلفة وقد تكون يدوية التشغيل أو تعمل بالكهرباء أو آلية أو نصف أليه كما أن الأنواع الحديثة منها تخضع لبرمجة الكمبيوتر، كما تختلف أنواعها حسب وزن المنتج النهائي وعزم المكبس الذي يقوم بربط نصفي القالب أثناء الحقن. ويتراوح وزن المنتج النهائي بين عدة جرامات إلى أكثر من عشرة كيلو جرام كما يصل عزم الربط بين نصفي القالب إلي أكثر من 2700 طن. وتتكون ماكينة الحقن من وحدتين أساسيتين هما: الوحدة الأولى: وحدة حقن البلاستيك الساخن وفيها قادوس التغذية. واسطوانة الحقن الساخنة وكباس الحقن أو النظام اللولبي. الوحدة الثانية: وحدة فتح وغلق نصفي القالب وتتكون من طنبور (صينية) ثابت يوضع عليه نصفي القالب وآخر متحرك هيدروليكيا. وهناك تصميمات مختلفة لمكائن الحقن إلا أنها تعتمد أساسا على أحد النوعين التاليين:

1. مكائن تستخدم دافعة الحقن.
2. مكائن تستخدم الكباس اللولبي التبادلي.

والفرق بين النوعين هو في الطريقة التي يتم بها دفع المادة البلاستيكية الساخنة من داخل اسطوانة الحقن الساخنة عبر الفونية إلى القالب.

ولما كان النوع الثاني هو الأكثر شيوعا واستخداما فهو ما سنعني به في هذا الكتاب وذلك بتميزه بعدة ميزات أهمها: سرعة المشوار وانخفاض درجة حرارة الانصهار وسهولة امتزاج المصهور.

وفي مكان القلاووظ (اللولب) التبادلي تتم عملية الحقن حسب الخطوات التالية:

1. توضع البودرة في القادوس لتسلك طريقها إلى اسطوانة الحقن خلال فتحة اتصال.
2. تتقدم البودرة إلى الأمام نتيجة للحركة اللولبية للكباس والتي تدفع بها تحت ضغط عال الى الجدران الساخنة للاسطوانة كي تنصهر ومع تزايد الضغط وتراجع اللولب يتجمع مزيد من البودرة المنصهرة تمهيدا لبدء دفعة الحقن.

3. باندفاع اللولب إلى الأمام هيدروليكيا تحقن البودرة المنصهرة من خلال الفونية مرورا بعيون الصب والمجاري إلى تجاويف القالب المغلق.
4. يظل تأثير ضغط الاندفاع فترة قصيرة تسمح للصهير المحقون بالثبات في القالب.
5. يتراجع اللولب ويقل الضغط بينما يقوم الماء بتبريد القالب حيث تتماسك وتتصلب المادة المنصهرة بسرعة متخذة شكل القالب.
6. يفتح القالب ويطرد المنتج النهائي من النصف المتحرك فيها ما بضغط الهواء أو بواسطة خابور طرد زنبركي.
7. يغلق القالب مرة أخرى لبدء مشوار جديد.

قوالب الحقن:

يتكون القالب المستخدم في مكائن الحقن من نصفين أحدهما ثابت وملتصق بالصينية الثابتة للماكينة ويتصل مباشرة بالفونية أثناء التشغيل بينما النصف الآخر متحرك مع الصينية المتحركة ويتصل به عادة نظام طرد المنتج (بضغط الهواء أو خوابير الطرد).

وهناك آلاف الأشكال لقوالب الحقن ذات الأحجام المتباينة وبعضها هد يعطي وحدة واحدة من المنتج والبعض الآخر قد يعطي وحدات متركزة في المشوار الواحد (خاصة الوحدات الصغيرة الحجم). حيث يقوم مصمم القالب بوضع عدة تجاويف فيه تحقن بالبلاستيك المنصهر في نفس المشوار وذلك بعمل مجاري في القالب تحمل الصهير من عنق الصب إلى كل تجويف على حدة عبر بوابة ذات فتحة اصغر من اتساع المجرى حتى تعطي امتلاء كامل ومنتظم للتجويف وفي نفس الوقت تسهل عملية فصل المنتج النهائي عن المجاري.

وتعرف المنتجات البلاستيكية المصنعة بمكائن الحقن من نقطة الحقن التي تظهر عليها وتكون غالبا عن خط الاتصال بين نصفي القالب أو في منتصف المنتجات الاسطوانية الشكل كالفناجين... الخ.

وتتميز طريقة الحقن في قوالب بالإنتاجية العالية وهذا عامل رئيسي في خفض تكلفة الإنتاج حيث نجد أن سعر القالب والماكينة مرتفعان جدا بالمقارنة

بسعر الخام المستخدم في الحقن لذا يجب أن يكون الإنتاج غزيرا لتغطية هذه التكلفة العالية حين بيعه بسعر رخيص في الأسواق.

ومعظم مكائن الحقن يمكنها إنتاج آلاف القطع البلاستيكية في الوردية الواحدة اعتمادا على وزن وحجم المنتج النهائي وزمن المشوار. ونلاحظ هنا انه يمكن لجميع المواد الثرموبلاستيكية أن تصنع بطريقة الحقن.

المعدات الثانوية المساعدة:

1. التلوين: يتم تلوين حبيبات أو بودرة الراتنج في براميل للتغليب قبل وضعها في قادوس الماكينة وذلك بخلها بنسبة 1– 5٪ صبغة مركزة باللون المطلوب.
2. التجفيف: بعض المواد الثرموبلاستيكية (كانايلون) تمتص الرطوبة من الجو مما يؤدي إلى ظهور فقاقيع مائية على سطح المنتج النهائي، لذا فان الراتنج المستخدم يجب تسخينه إلى ما قبل درجة انصهاره لطرد بخار الماء منه قبل إدخاله في القادوس، ومعظم مكائن الحقن الحديثة مزودة بوحدة تجفيف ملحقة بقادوس الماكينة.
3. التبريد: لابد من استخدام نظام تبريد عبارة عن مواسير يجري بها تيار من الماء البارد المتجدد حول القالب لتبريده وامتصاص حرارة الصهير المحقون فيه ما يساعد على سرعة تماسك المنتج النهائي وبالتالي تقليل زمن المشوار.
4. الكسارة: لما كانت المواد الثرموبلاستيكية يمكن إعادة استخدامها لذا فان النفايات الناتجة عن التشغيل كالقطع المعيبة أو الزوائد الناتجة عن التشذيب محل فتحة الصب أو بواسطة كشارة مثقبية يفضل اتصالها بالماكينة مباشرة (لمنع التلوث) حيث تقوم سكاكين التقطيع بقذف النفايات إلى الكسارة ثم تدفع الحبيبات الناتجة بالشفط إلى القادوس لتختلط بالحبيبات الجديدة متجهة جميعها إلى وحدة الحقن.

ويمكن تغذية الكسارة يدويا بواسطة العامل حيث توضع بجانب ماكينة الحقن إلا أن المشكلة الأساسية في الأسلوب اليدوي هو تلوث واتساخ الحبيبات الناتجة أثناء النقل.

حقن مواد الثرموست (مواد التصلد بالحرارة):

أن مواد الثرموست تحتاج إلى الحرارة وليس التبريد لكي تتم بلمرتها إلى مواد صلبة.

ويمكن بإجراء بعض التعديلات في مكائن الحقن ذات اللولب التبادلي أن نستخدم طريقة القولبة بالحقن لإنتاج قطع بلاستيكية من مواد الثرموست.

ولعمل ذلك فإننا نقوم بتسخين مادة الثرموست في الاسطوانة إلى درجة حرارة تجعلها لينة (من 65م إلى 115م) ثم تحقن إلى القالب الساخن وتترك لتأخذ شكلها النهائي عند درجة حرارة (من 162م إلى 204م) وبعد تصلبها فإنها تطرد من القالب ساخنة. ويلاحظ إذا ظلت مادة الثرموست في الاسطوانة فترة أطول من اللازم أو إذا سخنت لفترة طويلة نسبيا فإنها تتصلب داخل الاسطوانة وتسبب انسداد واعاقة حركة الآلة.

ويتم تسخين الاسطوانة لهذه المكائن المخصوصة بإحاطتها بالماء أو الزيت الساخنين، إما تسخين القالب فيتم بواسطة سخان كهربائي على شكل خرطوش يدخل في القالب للوصول به إلى درجة الحرارة المناسبة لتصلب مادة الثرموست داخله.

ومن أشهر مواد الثرموست التي يتم حقنها بهذه الطريقة الميلامين واليوريا والفينولات.

وتتميز طريقة حقن مواد الثرموست عن غيرها من طرق التصنيع (كطريقة الضغط والنقل) بأنها ذات مشوار زمني قصير وتتفادى عمليات التسخين والتشكيل المسبق للتصنيع.

الحقن في قوالب مع التفاعل:

REACTION INJECTION MOULDING RIM

وتشمل هذه الطريقة دفع نوعين من مواد الثرموست على شكل سائل داخل القالب حيث يتم تفاعلهما واستكمال بلمرتهما لإنتاج الشكل البلاستيكي النهائي.

يوضع تياران من نوعين من سائل راتنج البولي يوريثان المتفاعل حقنا تحت ضغط كبير (2500 رطل/ بوصة مربعة) في رأس الخلط حيث يندفعا إلى تجاويف القالب عبر بوابة، وينزول خليط السائل إلى قاع القالب يطفو الهواء إلى أعلى خارجا من شق الاتصال بين نصفي القالب.

ويمر سائل اليوريثان بحالة هلامية قبل أن يتصلد، وعندما يتم التصلد بدرجة كافية فانه يزال باليد أو بواسطة خوابير الطرد.

يستغرق مشوار التصنيع بهذه الطريقة بين دقيقتين إلى أربعة دقائق تقريبا، ونلاحظ أن كمية السوائل الزائدة تطرد هي الأخرى خارجة من خط الانفصال في القالب ويجب إزالتها تماما من المنتج الخارج.

وتستخدم مادة خاصة لفصل القالب ترش بها جدرانه الداخلية قبل كل مشوار لتسهيل إزالة المنتج النهائي ولما كانت هذه المادة تسبب الانزلاق فيجب إزالتها من مسطح المنتج قبل تلوينه (عادة يحتاج الإنتاج بهذه الطريقة إلى تلوين) كأجزاء السيارات الخارجية والتي يجب إعطائها نفس لون السيارة.

وهذه الطريقة ذات مستقبل غير محدود لتصبح إحدى اكبر وسائل التقنية في صناعات البلاستيك نظرا لكبر حجم المنتج النهائي وقلة التكاليف مقارنة بالطرق الأخرى سواء في صناعة البلاستيك أو الصناعات المعدنية كما أنها تحتاج إلى كمية ضئيلة من الطاقة وتكلفة المكائن المستخدمة فيها اقل من مكائن الحقن التقليدية.

2. طريقة البثق *EXRUSION* :

عملية البثق هي الطريقة المثالية لتصنيع أشكال بلاستيكية ذات أحجام قياسية كالقضبان والأنابيب والشرائط والألواح، وهي تصلح للمواد الثرموبلاستيكية فقط، ويمكن تلخيص أنواع المنتجات التي نحصل عليها بهذه الطريقة إلى:

1. الأشكال القياسية كالقضبان والأنابيب والألواح والأشكال ذات المقاطع الغير عادية.
2. الشرائط المفردة أو المتعددة الطبقات للاستخدام المباشر أو كطبقة تغطية للورق، الملابس أو أي سطح آخر.
3. عمل طبقة حماية وعزل حول الأسلاك والكابلات بالبثق.

ويختلف حجم المنتج حسب حجم الماكينة أو على الأصح باختلاف طول وسمك اللولب الدوار والذي يتراوح بين 20 سم في المكائن الكبيرة إلى 2 سم المكائن الصغيرة.

الأجزاء الرئيسية في ماكينة البثق:

1. قادوس التغذية.
2. اللولب الدوار ويوجد داخل ماسورة محاطة باسطوانة التسخين، ويمكن تقسيم طول اللولب إلى عدة أجزاء هي:

أ. قسم التغذية وهو المتصل بالقادوس.

ب. قسم الضغط وهو الجزء الأوسط الذي يندفع فيه البلاستيك اللدين إلى الإمام.

ج. قسم القياس وهو الجزء الأخير من اللولب والمنتهي بمصفاة لمنع الشوائب من المرور للفونية

د. قسم الضغط وهو الجزء الأوسط الذي يندفع فيه البلاستيك اللدين إلى الإمام.

3. اللقمة وهي قالب معدني قياسي الحجم حسب نوع المنتج.

وبخروج البلاستيك المنبثق من الماكينة يتم سحبه إلى وحدة أخرى ملحقة حيث يبرد متخذا شكله النهائي.

وتتلخص طريقة البثق في تغذية المادة الثرموبلاستيكية وانتقالها عبر اللولب الدوار الساخن تحت ضغط عال خلال فتحة قياسية الحجم إلى (لقمة القالب) حيث يتم سحبها وتبريدها خارج الماكينة.

عملية البثق:

1. يملأ القادوس بحبيبات المادة الثرموبلاستيكية.
2. تلتقط الحبيبات بواسطة اللولب الدوار المحاط ببطانة مصلدة لاسطوانة البثق وتدفع للأمام وعلى طول اللولب الدوار واندفاع حبيبات البلاستيك إلى أمام فإنها تسخن وتلين وتنعم بتأثير عاملين:

   أ. السخانات الخارجية المحيطة بماسورة اللولب.

   ب. الحرارة الناتجة من احتكاك الحبيبات مع جسم اللولب الدوار.

وفي أثناء حركة المواد الثرموبلاستيكية على طول اللولب الدوار فإنها تمتزج في صهير متجانس ومتماسك مع بعضها أو مع المادة الملونة (في حالة إضافة لون إليها) وهذا التجانس يمنع حدوث تموجات سطحية أو عدم انتظام المقطع للمنتج النهائي..

3. تدفع المادة المنصهرة تحت ضغط عال عبر رصة ترشيح (تمنع مرور الشوائب) إلى لقمة القالب.
4. يخرج القطاع البلاستيكي المنبثق من اللقمة إلى وحدة التبريد ليتصلب متخذا شكله النهائي بعد تقطيعه إلى الأطوال أو المساحات المطلوبة أو لفة على اسطوانات ذات إحجام وسعات معلومة.

بثق الشرائط والألواح المسطحة:

يتم عادة بثق الألواح المسطحة حوالي 6 سم بينما يطلق إسم الشرائط على منتجات البثق ذات السمك اقل من 0.25 سم.

ويستخدم نفس نظام البثق في القطاعات الأخرى (كالقضبان والأنابيب) في بثق الألواح والشرائط مع ملاحظة اختلاف لقمة القالب ومعدات الاستلام النهائي.

بثق طبقة تغطية (الحماية) البلاستيكية على المواد المختلفة:

يمكن استخدام طريقة البثق في تغطية المواد المختلفة بغشاء بلاستيكي واقي (أو للتجميل) وذلك بضغط شرائط البلاستيك المنبثقة الساخنة من الماكينة مع المادة المطلوب تغطيتها بين بكرتين ضاغطتين بحيث تكون مادة البلاستيك أسفل المادة الأخرى. ولا تحتاج هذه العملية إلى إضافة مواد لاصقة حيث يكون الضغط الواقع على شريط البلاستيك الساخن كافيا لالتحامه بالمادة المطلوب لصقه عليها.

باستخدام شرائط ذات عرض قياس مناسب لسطح المادة المطلوب تغطيتها يمكننا تغليف مواد كالورق والملابس والرقائق المعدنية باستخدام طريقه البثق.

الشرائط البلاستيكية متعددة الطبقات:

يمكننا الحصول على شرائط بلاستيكية متعددة الطبقات (كل طبقة تختلف في مادتها عن الأخرى) باستخدام عدة باثقات في الماكينة الواحدة تصب جميعها في لقمة القالب وتسمى هذه الطريقة بالبثق الإسهامي Co extrusion، وتستخدم الباثقات المتعددة لبثق عدة مواد بلاستيكية مختلفة أو ألوان مختلفة (لمادة واحدة) في لقمة القالب بواسطة نظام متشعب.

والتطبيق العملي لهذه الطريقة ينتج منه لفائف الأطعمة المانعة للرطوبة وأبخرة الغازات وكذلك شفاطات المشروبات ذات اللونين وزجاج السيارات الأمامي.

شرائط البثق بالنفخ:

تستخدم هذه الطريقة نفس التقنية المستخدمة في إنتاج الألواح إلا أن لقمة القالب تكون على شكل تجويف أنبوبي يندفع خلاله تيار هوائي يمدد الشريط على شكل اسطواني يسمى "الفقاعة".

وأثناء تصلب الفقاعة فإنها تضغط من الجانبين بين بكرتين لتكوين شريط مزدوج السمك وقد وجد عمليا انه من الأفضل بثق واستلام القاعة من أسفل إلى أعلى ثم تسطيحها بين البكرتين وحملها إلى بكرة اللف.

وتستخدم هذه الطريقة في عمل لفات شرائط البلاستيك لاستخدامها في تغطية الأجسام كبيرة الجسم نسبيا كالمكائن والسيارات.. الخ، ويمكن قطع الشرائط على مسافات قصيرة ولحامها من إحدى نهايتيها لتعطي لنا الحقائب البلاستيكية الخفيفة.

البثق لتغطية الأسلاك:

من أهم التطبيقات العملية لطريقة البثق هو تغطية الأسلاك المعدنية والكابلات بمادة بلاستيكية عازلة للكهرباء ومقاومة للتآكل وعوامل الجو.

وهي تماثل عمليا طريقة بثق الأنابيب في لقمة القالب تستبدل بدليل متدرج (بالتناقص) يمر من خلاله السلك المعدني المراد تغطيته وأثناء مرور المادة البلاستيكية الساخنة عبر لقمة القالب فإنها تحيط بالسلك المعدني الساخن (تكون درجة حرارته كدرجة انصهار المادة البلاستيكية) ويحرجا الاثنين كوحدة واحدة من لقمة القالب حيث يبردا ويلف السلك أو الكابل على بكرات ذات إحجام وأطوال قياسية.

ومن الراتنجات الشائع استخدامها في تغطية الأسلاك والكوابل راتنج البولي ايثلين وكلوريد البولي فنيل والنايلون كما يستخدم أحيانا راتنج السيليكون للكابلات ذات المقاومة العالية للحرارة.

البثق لعمل الحبيبات والمركبات:

تستخدم تقنيات البثق في مصانع إنتاج المركبات الراتنجية وذلك لخلط وتلوين وتشكيل الحبيبات الراتنجية التي تباع إلى مصانع إنتاج المنتج البلاستيكي النهائي.

وغالبا تحتاج الراتنجات الأساسية إلى مواد مضافة لتناسب تطبيقات عملية محددة ذات مواصفات خاصة أو قد تحتاج إلى التلوين بلون مطلوب أو يكون الإنتاج المطلوب على شكل عصي أو حبيبات أو... الخ، وتضاف المواد الإضافية أو الألوان إلى الراتنج وتخلط جيدا لتكوين مزيج متجانس في الحبيبات الناتجة وبالطبع فان لقمة

القالب تصمم بحيث يخرج الراتنج منها على شكل حبال يتم تقطيعها إلى قطع صغيرة حبيبية الشكل لا يتجاوز طورها 2 – 3 مم ثم تعبا في أكياس (عبوته 50 كجم عادة) وبذلك تكون جاهزة للتشغيل والتصنيع. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الاصطلاح المستخدم للدلالة على ملونات اللدائن هوMaster batch بينما يطلق على مواد الإضافة التي تكسب الراتنج صفات مرغوبة ,Additives وتحتكر تقنية تصنيع هذه المواد شركات عالمية معدودة.

ويختلف شكل الحبيبات من الاسطواني إلى المكعب أو الكرات الصغيرة البيضاء أو الملونة حسب الطلب ونؤكد هنا ما سبق ذكره عن إمكانية إعادة استخدام الراتنجات البلاستيكية المستخدمة في طرق البثق حيث أنها مواد ثرموبلاستيكية.

3. طريقة القولبة بالنفخ *Blow Molding*:

تستخدم قوالب النفخ في إنتاج الأجزاء البلاستيكية من مادة الثرموبلاستيك ذات التجويف رقيق الجدران (كالقوارير مثلا) وذلك بوضع اسطوانة من البلاستيك تسمى "باريسون" بين فكي القالب الذي يقوم بثني نهايتي الاسطوانة البلاستيكية الساخنة بينما يندفع هواء مضغوط بقوة ليدفع بالصهير البلاستيكي إلى جدران القالب، وبالتبريد يصبح البلاستيك المتراكم على جدران القالب الداخلية جامدا وقويا متخذا شكلها.

ويمكن حصر تقنية النفخ في ثلاث مراحل أساسية:

1. تليين الراتنج بالتسخين وذلك باستخدام باثق لتسخين اللدينة إلى حالة الانصهار ودفعها إلى رأس لقمة القالب (وهذه المرحلة مشابهة تماما لعملية البثق).
2. تكوين الاسطوانة الباريسون حتى تكون جاهزة للدخول بين نصفي القالب.
3. نفخ الاسطوانة داخل القالب بواسطة هواء مضغوط يقوم بفرد مادة الباريسون المنصهرة على جدران تجاويف القالب متخذة شكله (زجاجة مثلا) علما بأنه

عند غلق نصفي القالب فان الضغط الهيدروليكي المستخدم في الإغلاق يقوم بثني نهايتي اسطوانة الباريسون.

وتعتبر طريقة تصنيع البلاستيك بالنفخ واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة البلاستيك وبالتالي في الأسواق العالمية مما نلمسه يوميا من إنتاج غير محدود للقوارير والزجاجات التي نستخدمها في حياتنا اليومية.

وقد استخدم هذا الأسلوب أساسا بغرض تصنيع القوارير الأسطوانية البسيطة ومع التقدم التقني السريع وتصميمي ماكينات ذات مواصفات متميزة تطورت عمليات النفخ لينتج منها مختلف الأشكال بكميات وفيرة حيث ناجد دورة الإنتاج زمنا قصيراً، كما أمكن إنتاج نوعيات ذات أشكال معقدة.

وفي الواقع العملي فانه يمكننا الآن إنتاج أي جسم مفرغ تقريبا باستخدام تقنية النفخ سواء كانت مقاعد وظهور كراسي السيارات أو مساند الرأس والأذرع وكذلك الزجاج الأمامي.

ويستخدم راتنج البولي ايثلين بكثرة في عمليات النفخ حيث انه راتنج مثالي لإنتاج القوارير الخفيفة وكذلك الحاويات الصلبة القوية. ويمكن استخدام النفخ في معظم أنواع المواد الثرموبلاستيكية إلا أن الايونومر وكلوريد البولي فنيل، والبولي كربونات والاسيتال تستخدم بقلة في هذا المجال.

ويعتبر أهم تطبيق عملي تجاري لعملية النفخ هو إنتاج القوارير والأدوات ذات الاستخدام الواحدة نظرا لخفة وزنها وعدم قابليتها للكسر وسهولة التخلص منها كفضلات بالحرق والتكلفة الإنتاجية البسيطة جدا مقارنة بالزجاج.

ويتأثر جسم ماكينة النفخ حسب مقاس لولب الباثق وعدد رؤوس لقمة القالب وجسم القالب الذي سيوضع في الماكينة.

ولفهم عملية النفخ يجب دراسة أجزاء القالب المستخدم بالتفصيل، ويبين الخط الفاصل على المنتج محل التقاء نصفي القالب أما أجزاء القالب التي تقوم بكبس الاسطوانة (الباريسون) ولحامها قبل النفخ فتعرف بالكماشات – Pinch)

offs) وتلك الأجزاء التي يتم عندها لحام جزئي الاسطوانة يتم قطعها فيما بعد في عملية التشطيب ويسمى الجزء المنثني في قاع القارورة بـ (الذيل).

ويستخدم عنصر الألمنيوم في صناعة القوالب المستخدمة في عمليات النفخ بدلا من سبيكة النحاس والبريليوم التي كانت تستخدم في السابق.

عملية النفخ:

- قبل التشغيل:

1. يبدأ ترتيب عملية النفخ بتامين القوالب المطلوبة وتثبيتها على الصينية المتحركة هيدروليكيا في الماكينة.
2. تضبط لقمة القالب مقاس وسمك جدران الباريسون عند بثقه.
3. يملأ القادوس بحبيبات المادة البلاستيكية أما يدويا أو بنظام تفريغ أوتوماتيكي.
4. تشغل سخانات لتدفئة الراتنج وتليينه في اسطوانة الباثق رؤوس لقمة القالب.
5. يضبط ضغط الهواء المستخدم في نفخ الاسطوانة (الباريسون).
6. تضبط مواقع الطرد للمنتج النهائي.
7. تشغل دورة التبريد بالمياه لضبط حرارة القالب وتنشيط النظام الهيدرولكي في الماكينة والذي يقوم بفتح وغلق القالب.

- بدء التشغيل:

1. نضغط زر التشغيل للباثق في الوضع "Auto" أي تشغيل أوتوماتيكي.
2. تنبثق اسطوانة الباريسون بين نصفي القالب المفتوح.
3. يغلق نصفي القالب هيدروليكيا ويندفع هواء مضغوط ينفخ الاسطوانة البلاستيكية ويفردها على جدران القالب متخذة شكل تجاويفه.
4. بعد إتمام دورة النفخ يفتح القالب ويطرد المنتج النهائي.
5. تقطع النهايات المنثنية للمنتج لنهائي في عملية التشطيب إما في ماكينة منفصلة أو يتم نقلها أوتوماتيكيا إلى ماكينة التقطيع.

وكما نعلم فان المادة الثرموبلاستيكية يمكن تكسيرها وإعادة استخدامها مرة أخرى لذا فان بقايا التقطيع والإنتاج المعيب يتم تكسيره وإعادة تغذية القادوس به.

عملية النفخ مع الحقن:

تختلف هذه العملية عن عملية النفخ العادية في أن الباريسون يتم إنتاجه بواسطة الحقن. ويتم تشكيل الباريسون في قالب حول خابور في الوسط ثم ينقل إلى قالب النفخ حيث يشد بين نصفيه، وفي تلك المرحلة يدفع هواء مضغوط خلال الخابور الأوسط لفرد الباريسون الساخن على تجاويف القالب.

وتتميز هذه العملية بان المنتج النهائي لا يحتاج إلى قطع الزوائد حيث انه لم يتم تثنية أصلا قبل دخوله القالب كما أنها تعطي سطحا أملسا متجانسا وكذلك شكل العنق يكون مضبوطا مما يعطي الفرصة لتصنيع الحاويات ذات الأشكال الغير تقليدية بهذه الطريقة إلا أن تكلفة مكائن النفخ مع الحقن تكون أعلى من تكلفة مكائن النفخ التقليدية (مع البثق) وذلك لضرورة وجود قالبين وكذلك محطتين للقوالب فيها كما أن زمن المشوار فيها أطول من المكائن العادية كما توجد بعض القيود على حجم وشكل القالب المستخدم.

4. قوالب الضغط والنقل *Compression and Transfer Mould*:

أولا: القولبة بالضغط *Compression Molding*

وتتلخص هذه الطريقة في وضع كمية محسوبة من الراتنج في القالب الذي يسخن صم يدفع مكبس على العجينة المنصهرة فتملأ الفراغات داخل القالب حيث يرفع الضغط بعد أن يأخذ الراتنج شكل التجاويف التي ملأها ثم يترك ليتصلب بتأثير التفاعلات الكيميائية التي تتم عملية البلمرة كما هو معلوم في مواد الثرموسيتنج.

وتوجد مواد الثرموسيتنج على شكل مسحوق أو حبيبات أو صفائح أو حبال وفي بعض الأحيان يتم تشكيلها على هيئة أقراص سباقة التشكيل متصلة ببعضها

وذات أوزان محسوبة لا تسمح إلا بكميات ضئيلة زائدة (فاقد) عند كبسها داخل القالب (والطبع يجب قطع هذه الزيادة عند تشطيب المنتج النهائي قبل اكتمال تصلبه).

وتتراوح درجة حرارة القالب المسخن بين 93م و205م بينما يتراوح الضغط في المكبس بين 1000 و10000 رطل/بوصة مربعة وتكتمل عملية بلمرة الراتنج في زمن ما بين 3 و20 دقيقة.

ويمكن احتواء القالب الواحد على تجويف أو أكثر حسب حجم المنتج ويصنع عادة من مادة الفولاذ ذات الأسطح العالية الصقل لتعطي إنتاج ذو مظهر جيد.

ويتم تثبيت نصفي القالب بصينية المكبس الهيدروليكي العلوي والسفلي وذلك حتى يكون قفلهما وفتحهما هيدروليكيا أثناء دورة التشغيل.

وفي المكائن اليدوية فان العامل يقوم بوزن كمية الراتنج المطلوبة وضعها داخل القالب الساخن ودفع ذراع المكبس يدويا ثم إخراج الناتج من القالب وقطع الزائد منه قبل تمام تصلبه، بينما نجد في المكائن الآلية كمية الراتنج المحسوبة تغذي القالب وتضغط ويفتح القالب بعد فترة زمنية قياسية ويطرد الناتج آليا إلا في حالة إذا كان هناك أجزاء معدنية يراد إدخالها في المنتج النهائي فتلك توضع بواسطة العاملة يدويا في القالب المفتوح ثم تكمل الدورة آليا.

ثانيا: القولبة بالنقل *Transfer Molding*:

تعتمد طريقة القولبة بالنقل على نفس أساسيات طريقة الضغط السالفة إلا أن الاختلاف البين بينهما هو في كيفية ملء فراغات القالب بالراتنج المنصهر، ففي عملية النقل لا يصب الراتنج مباشرة في تجاويف القالب ولكن يتم تسخينه في غرفة منفصلة تحت ضغط كباس حتى ينصهر ثم يزاد الضغط على الكباس (6000 – 12000 رطل/بوصة مربعة) فيدفع الراتنج المنصهر إلى مجاري الإمداد والبوابات المؤدية إلى فراغات القالب، وهذا الجزء من العملية يشبه تماما عملية الحقن في المواد الثرموبلاستيكية.

وفي الحالات التي تحتاج إنتاج كبير وسريع فتستخدم طريقة القولبة الدافعة Plunger molding مع استخدام كباس نقل إضافي منفصل ليدفع بالبلاستيك خلال المجاري ثم إلى التجاويف، وهنا نجد أن الضغط التحويلي مضبوط لاستقلاله عن الضغط المستخدم في ربط نصفي القالب.

وعادة يعمل الكباس الإضافي من أعلى لأسفل حيث يوجد في أعلى المكبس ويتحرك مع الصينية العلوية ويتم تسخين الراتنج قبل صبه لتقليل زمن دورة القالب حيث انه لا يمكن عمل سوى دفعة واحدة من الراتنج (محسوبة الوزن بالطبع) في كل دورة، ومن ثم فان جميع المواد المتبلمرة والفرزة والمجاري والمنتج يجب إزالتها قبل بدء دورة جديدة ونلاحظ أن جميع الأجزاء الداخلة في طريقة القولبة ما عدا المنتج النهائي تعتبر نفايات لأنه من المعلوم أن مواد الثرموسيتنج لا يمكن إعادة تصنيعها.

وتتميز طريقة قوالب النقل عن قوالب الضغط في عدم وجود زوائد في المنتج النهائي مما يجعلها بسيطة التشطيب كما انه يمكن بها إنتاج عدة وحدات متكررة باستخدام أسلوب المجاري خاصة في إنتاج الأشكال الصغيرة الحجم ذات التركيب المعقد والتي من الصعب تصنيعها بطريقة الضغط.

5. الصقل *Calendaring*:

يقصد بعملية الصقل ضغط عجينة البلاستيك من المواد الثرموبلاستيكية اللينة (المنصهرة) بين بكرتين أو أكثر لتكوين شريط متصل. وهذه العملية مشابهة تماما لما يحدث في صناعة المطاط وهي الطريقة المثلى لتصنيع شرائط وألواح البلاستيك.

وتستخدم عادة مادة كلوريد البولي فينيل المرنة في هذه العملية إلا انه يمكن أيضا استخدام مواد الايه بي سي، السليلوزات، البولي ايثلين والبوليسترين. ويمكن خلط الراتنج الثرموبلاستيكي مع بعض المواد الأخرى كعوامل مساعدة على التثبيت والتلدن والتزييت والتلوين.

وأثناء الخلط فان العجينة تسخن حتى تصبح مطاطية التكوين أشبه بالفخار الأملس الساخن ثم تغذى إلى بكرات الصقل الساخنة حيث تنضغط إلى السمك والاتساع المطلوبين أثناء مرورها بين البكرات، ومن ثم تمرر على بكرات التبريد ثم تقطع بالاتساع المطلوب على آلة القطع ثم تلف على بكرات التسليم.

ويتم التحكم في سمك اللوح المصقول حسب المسافة بين البكرتين النهائيتين.

مكائن الصقل:

تتكون ماكينة الصقل من أربعة وحدات رئيسية هي:

1. خلاط: يقوم بمزج المكونات المطلوبة من الراتنج والعوامل المساعدة وذلك بغرض عمل مزيج متجانس منها جاهز للتشغيل.
2. الوحدة الرئيسية: وهي ماكينة الصقل وتقوم بضغط ولف (تبطيط) العجينة الساخنة بين البكرات إلى شرائط أو ألواح مسطحة.
3. وحدة التشطيب: وتشمل بكرات التبريد وآلة القطع والتشذيب.
4. بكرات اللف التي يلف عليها المنتج النهائي بكميات قياسية.

ونلاحظ أن البكرات تظل دائما ساخنة لحفظ حرارة التكوين كما أن التحكم في سمك البلاستيك الناتج يتم بواسطة تضييق المسافة تدريجيا بين كل بكرتين، ويمكننا استخدام بكرات مزخرفة لإنتاج لفائف البلاستيك النسيجي أو المزخرف.

عملية التكسية *Coating process*:

يمكن استخدام تقنية الصقل لتكسية بعض المواد كالورق والقماش بطبقة بلاستيكية، وهذه العملية تشبه عملية الصقل إلا انه توضع المادة المراد تغطيتها بين البكرات أثناء تكوين لفائف البلاستيك.

ويتم أثناء ذلك الالتحام التام بين المادة البلاستيكية والورق أو القماش المستخدم ويخرجان من البكرة النهائية قطعة واحدة. وتنجح هذه العملية في إنتاج

أقمشة التنجيد البلاستيكية للأثاث والمقاعد والملابس والأحذية والحقائب وحقائب اليد من رقائق البولي فينيل المرنة كغطاء فوق القماش.

أما كلوريد البولي فينيل المرن فيستخدم في صناعة الحمامات، ملابس المطر، حبال تخطيط حمامات السباحة، الجلد الصناعي وواقيات الاصطدام في السيارات وكذلك الهارد توب.

ويستخدم كلوريد البولي فينيل الجاسئ Rigid PVC في صناعة أكياس النفايات، بطاقات البنوك، أشرطة التسجيل الصوتية، وسائل الإضاءة وأكياس حفظ الحبوب.

6. مواد ألواح التشكيل الحراري *Thermo Forming Sheet Material*

تعتبر عمليات التشكيل الحراري لألواح البلاستيك واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة البلاستيك كما أنها واحدة من أقدم العمليات في هذه الصناعة.

ومع بداية القرن العشرين جرت محاولات مبدئية في تشكيل الرقائق السليلوزية ثم تطورات العملية بسرعة في سنوات قليلة نتيجة الاختراعات المتوالية في مكائن التشغيل والتطورات التي أدخلت على خواص المواد المستخدمة بغرض تحسين خواصها مما يساعد على سهولة تشكيلها مما أوجد لدينا الآن نوعيات مختلفة من الرقائق اللدنة ذات الأشكال المتباينة.

وأساس عملية التشكيل الحراري هو تسخين رقائق البلاستيك لتصبح في حالة قابلة للطي ثم دفعها حول حدود القالب باستخدام الضغط إما بتيار هوائي أو الضغط الميكانيكي لإحداث الدفع مع الاستعانة بالتسخين واللي أو الثني.

وهناك ثلاثة أنواع رئيسية لعمليات التشكيل الحراري مع بعض الاختلافات العديدة بين كلا منها وهي:

1) التشكيل المطابق للقالب.
2) التشكيل بالتفريغ.
3) التشكيل بالضغط.

وتخضع كثير من رقائق البلاستيك لعمليات التشكيل الحراري ويعتمد اختيار المادة المستخدمة بحسب الخواص المطلوبة في المنتج كالوضوح، مقاومة التآكل، المتانة، المرونة، اللون.. الخ.

وبناء على ما سبق يتم اختيار طريقة التشكيل المناسبة للمادة والمنتج المطلوب.

التشكيل المطابق للقالب *Matched Mold Forming* :

تعطي طريقة التشكيل الحراري المطابق للقالب Matched-diemolding وتسمى كذلك بالقولبة في قالب متوائم لرقائق البلاستيك نتائج دقيقة وصحيحة وذلك باستخدام نصفي قالب يقفلان جيدا مع بعضهما وتوضع المادة الثرموبلاستيكية في أحد النصفين بعد تسخينها إلى درجة الليونة ثم تشكل بضغط ميكانيكي يؤثر بين نصفي القالب، ولما كان نصفي القالب يلامسان سطحي رقيقة البلاستيك اللينة الموضوعة بينهما لذا يجب أن يكونا مصقولين جيدا حتى يكون المنتج أملس السطح. وتصنع القوالب عادة من الألمنيوم أو الصلب وتثبت على مكبس مائي أو غازي، وتسخن رقائق البلاستيك ثم توضع بين نصفي القالب ويغلق المكبس، ويستخدم التبريد المائي في تبريد القالب والتحكم في درجة حرارته. وهذه الطريقة مناسبة للحصول على منتجات ذات أبعاد ممتازة وتفاصيل دقيقة.

التشكيل بالتفريغ *Vacuum Forming* :

من أسهل طرق التشكيل الحراري طريقة التشكيل بالتفريغ وتشمل تسخين رقائق البلاستيك داخل إطار محدود حتى نقطة الليونة لتصبح مرنة فيوضع تحتها مباشرة القالب وبتأثير ضغط بسيط ينساب البلاستيك على الحافة العلوية للقالب ثم بتفريغ الهواء خلال ثقوب صغيرة في تجاويف القالب فان الضغط الجوي العادي يدفع الرقائق اللينة على حدود جدران القالب وبالتبريد يتصلب الناتج ثم يزال القالب بعد أن اخذ الراتنج شكل جدرانه الداخلية.

عملية التشكيل *Forming Process* :

تطورت عملية التشكيل بالتفريغ لإعطاء منتج ذو سمك جداري منتظم وحواف محددة خاصة في حالات منتجات السحب العميق.

طريقة تشكيل القضمة الارتجاعية Snap-back Forming ومن الوسائل المتطورة في هذا المجال استخدام طريقة التشكيل بالتفريغ، وفي هذه الطريقة يتم تفريغ المنطقة أسفل الصفيحة المنصهرة من الراتنج وفي نفس الوقت يقوم نصف القالب الذكر بالضغط عليها من أعلى إلى أسفل، وعند وقف التفريغ تأخذ الصفيحة المنصهرة شكل حواف القالب الذكر، وهذه الطريقة تتميز باستخدام حجم صغير من الصفيحة البلاستيكية المطلوبة تشكيلها وتساعد على توزيع اللدينة المنصهرة كما تقلل من علامات الفقفقة على المنتج النهائي.

طريقة التشكيل بالثني *Drape Forming* :

ويستخدم فيها قالب ذكر وإطار قمط (يثبت فيه لوح اللدينة) ذو حركة ميكانيكية فعند تليين اللوح بالتسخين يتم إنزال الإطار فوق القالب الذكر والذي يفرد الصفيحة متخذة شكل القالب الخارجي ثم يسلط تفريغ ساحبا الصفيحة بقوة حول حواف القالب. وهناك وسائل أخرى متطورة للتشكيل التفريغي لعمليات مخصوصة كإنتاج عبوة ذات سمك مضبوط ومنتظم باستخدام طريقة (التشكيل بالقضمة الارتجاعية العارمة) Billow Snap-back Forming وطريقة استخدام الماسكات ذات العجلات المنزلقة لدفع صفيحة غطاء سدادة وهذه الطريقة تنتج أجزاء قوية ذات جدران ثقيلة وسميكة.

خطوات التشغيل في عمليات التشكيل بالتفريغ:

1. تقطع الصفيحة اللدنة المطلوب تشكيلها حراريا إلى الحجم الناسب وتثبت في إطار القمط بإحكام.
2. تسخن الصفيحة إلى الحرارة المناسبة والصحيحة للتشكيل (حسب نوع الراتنج) ويدفع القالب في المكان المناسب لإجراء عملية التفريغ.

3. تترك الصفيحة المنصهرة فترة زمنية مناسبة للتماسك والتصلب ثم يزال المنتج من القالب.
4. يقطع المنتج المطلوب من بقية جسم الصفيحة إما بالشق أو النشر أو الطبع. ونظرا لسهولة إجراء عمليات التشكيل بالتفريغ فإنها منتشرة لإنتاج عدد كبير من المنتجات خاصة ذات الحجم الكبير جدا وكذلك القطع الصغيرة ذات الكميات الكبيرة كتغليف الأدوات المختلفة وذلك باستخدام ماكينة تقوم بالتشكيل التفريغي آليا، ويستفاد من هذه الطريقة لتغليف الأطعمة حيث تعطى نوعية جيدة من العزل خاصة في اللدائن الرغوية.

التشكيل بالضغط *Pressure Forming*:

وهي الطريقة الرئيسية الثالثة في عمليات التشكيل الحراري وتسمى أحيانا بـ "نفخ الهواء" ويجب الحذر في استخدام هذا الاسم لعدم الخلط بينها وبين طريقة التصنيع بقوالب النفخ حيث أن مقصودنا هنا هو تشكيل الرقائق البلاستيكية وليس الحبيبات أو البودرة.

وهناك طريقتان أساسيتان للتشكيل بالضغط هما:

1. التشكيل بالضغط المستقيم: وتحتوي على قالب أنثى مثبت عليه صفيحة المادة الثرموبلاستيكية وبتسليط أشعة حرارية على الصفيحة يتم صهرها فيوضع غطاء بسرعة على الصفيحة المنصهرة ومن خلال ثقوب في هذا الغطاء يندفع تيار من الهواء الساخن الذي يضغط بدوره على صهير الصفيحة إلى حواف القالب متخذة شكله بينما يتم تسريب أي فقاقيع هوائية محصورة بين الصفيحة وجدران القالب خلال فتحات في القالب نفسه وبعد التبريد يتم إزالة الجزء المشكل ويقطع من الزوائد كما في عملية التشكيل بالتفريغ.
2. النفخ الحر: ويتم ذلك بوضع صفيحة بلاستيكية ساخنة فوق صندوق ضغط وتثبت داخل إطار ذو فتحات فوق الصفيحة وتكون الفتحات ذات شكل مربع أو دائري أو بيضاوي أو أي شكل آخر معين ومطلوب، ويدفع الهواء من صندوق الضغط نحو الصفيحة الساخنة يجعلها تكون فقاعة ملساء ويستمر تطبيق

الضغط والحرارة حتى الارتفاع المطلوب للفقاعة. وتستخدم عمليا في إنتاج صفائح اكريليك ذات شفافية ضوئية جيدة تصلح لأسقف الطائرات المقاتلة وجدران المباني.

تشكيل البشرة والتغليف القشري:

Blister Forming and Skin-packaging:

تستخدم صناعة التغليف برقائق البلاستيك تقنية من وسائل التشكيل التفريغي تسمى تشكيل البشرة Blister Forming وفي هذه الطريقة توضع صفيحة بلاستيكية فوق القالب في ماكينة التشكيل حيث تسخن الصفيحة حتى درجة الانصهار على سطح القالب ويطبق التفريغ ثم تبرد وتؤخذ الصفيحة المشكلة من الماكينة حيث تقطع الزوائد ويسمى الشكل الناتج للصفيحة "بشرةBlister".

وهناك طريقة أخرى مشابهة لتلك ألا انه لا يستخدم فيها قالب حيث يتم تغليف الأجسام المراد تغطيتها بغشاء بلاستيكي شفاف يعطي حماية للجسم وعبوة رخيصة مع إمكانية رؤيته بوضوح وتسمى تلك الطريقة بالتغليف القشري "Skin-Packaging" وتجري بتسخين صفيحة بلاستيكية رقيقة من راتنج شفاف إلى درجة الانصهار ثم إنزالها فوق الجسم المراد تغطيته مع تطبيق التفريغ فتأخذ شكل الجسم وتبدو كقشرة سطحية عالية وعادة يتم لحام القشرة البلاستيكية مع الكرتون الموضوع عليه الجسم بمادة لاصقة. ونلاحظ في هذه الطريقة عدم حاجتنا إلى قالب يلزم صهر الصفيحة عليه.

7. اللدائن المصبوبة *Casting Plastics* :

الصب هو عملية سكب سائل بلاستيكي في قالب مناسب، وقد يكون البلاستيك على شكل مونمر يستكمل بلمرته بعد صبه أو سائل راتنجي مضاف إليه عامل مساعد (منشط) قبل السكب.

أما القالب فقد يكون معقد التركيب أو بسيطا جدا حتى يمكن استخدامه في الورشة المنزلية وعموما فان القوالب المستخدمة في عمليات الصب غير مكلفة

حيث تصنع عادة من الخشب أو الزجاج أو الطين الصلصالي أو المعادن إلى جانب إمكانية أن تكون مادة القالب من نوع آخر من البلاستيك.

ويمكن أن تصب الراتنجات المستخدمة على الساخن أو على البارد ثم تترك لتتصلب من خلال عملية بلمرة متقدمة، وغالبا ما يتم حشو الراتنجات لتقويتها، ويمكن تلوينها باللون المطلوب حيث تتراوح من راتنجات رائقة إلى معتمة.

ويستخدم في عمليات الصب سوائل راتنجية متعددة مثل:

1. الاكريليك: ويستخدم في إنتاج الألواح والقضبان والمواسير والمجوهرات المقلدة وكرات البلياردو والرخام الصناعي.
2. البوليستر: ويستخدم في تبطين العينات وأشغال الهوايات، الألواح المصبوبة وأيضا أجزاء بعض أنواع الأثاث والمجوهرات.
3. الايبوكسي: يتم خلط راتنج الايبوكسي مع بعض مساحيق المعادن ويستخدم على نطاق واسع في صناعة السيارات والطائرات لإنتاج القوالب البلاستيكية وأدوات الهز ولقمة القالب.
4. البولي يوريثان: ويستخدم في إنتاج الأجسام الجاسئة ذات المرونة كأجزاء الأثاث وصدامات السيارات والأجهزة المنزلية.
5. السيليكون: يستفاد من مرونة راتنجات السيليكون في صناعة قوالب الصب والتي تصب فيها سوائل راتنجية أخرى لإعطاء منتج ذو تفاصيل دقيقة ويسهل إزالته من القالب.
6. النايلون: يستخدم في إنتاج جلب الخدمة الشاقة، التروس، رفاصات القوارب والأحواض المقاومة للكيماويات.

عمليات الصب *Casting Processes*:

صب الاكريليك: يعتبر إنتاج ألواح الاكريليك الشفافة أو الملونة احد عمليات الصب الرئيسية وفيها يسكب سائل سميك من مخلوط مونمر الاكريليك سابق التجهيز بين لوحين من الزجاج المصقول ويترك ليتجمد ويتماسك مستكملا بلمرته، وبعد انتهاء الصب فإن الألواح الناتجة تسخن لإزالة أي انضغاطات على

اللوح وتقطع إلى الحجم المطلوب ثم تغطى بورق لحماية السطح المصقول من الخدوش. وفي إنتاج قضبان الاكريليك تستخدم نفس التقنية تماما مع تغيير شكل الزجاج.

صب البوليستر:

ومن عمليات الصب الأخرى عملية صب راتنجات البوليستر والتي يتم فيها خلط الراتنج مع العامل المساعد (المنشط) داخل وحدة رش بطريقة آلية وبذلك يصبح سائل البوليستر جاهزا لصب متواصل منتجا أجزاء للأثاث مشابهة تماما للخشب.

صب السليكون:

يرجع استخدام راتنجات السيليكون في صناعة قوالب الصب لسكب راتنجات أخرى فيها إلى مرونة هذا الراتنج وتحمله لدرجات حرارة عالية (حتى 316°م) مما يجعله صالحا حتى لصب الرصاص فيه، ويمكن استخدام القالب المصنوع من السيليكون من 100 – 200 مرة حسب نوع الراتنج المسكوب فيه.

صب النايلون:

وفي راتنجات النايلون يصب المونمر في قالب ذو قطعة واحدة أو قطعتين ويترك ليتماسك حتى تكون البوليمر، وتعطى راتنجات النايلون منتجا ذو قوة عالية ومقاومة ملحوظة للتآكل، ونجد أن حجم وسمك المنتج يتحدد حسب حجم القالب مما يسهل لنا الحصول على منتجات النايلون بالحجم المطلوب بهذه الطريقة خاصة وان الحجم يعتبر عائقا هاما في عملية إنتاج مواد النايلون بطريقة الحقن.

دفن المواد والأجسام:

تستخدم تقنية الصب في دفن المواد والأجسام المختلفة داخل المادة البلاستيكية الشفافة كالبوليستر أو الاكريليك لحمايتها من الرطوبة والبكتريا والصدمات والحرارة المباشرة مثل الأشياء الثمينة والعينات البيولوجية.. الخ.

وتتم عملية الدفن على مرحلتين تشمل الأولى منها وضع طبقة من الراتنج الممتزج مع العامل المنشط في القالب وتركها حتى تتماسك جزئيا ثم تأتي المرحلة الثانية حيث يوضع الجسم المراد دفنه فوق الطبقة المتماسكة ثم تصب الطبقة الثانية من الراتنج لتحيط بالجسم وتلتحم مع الطبقة الأولى السفلية.

8. طريقة القولبة بالبلاستيزول *Plastisol Molding*:

البلاستيزول هو معلق من مخلوط راتنجات كلوريد البولي فينيل والعوامل المنشطة للتلدن (وهي المواد الكيميائية المضافة لتحسين التشغيل وتقليل التقصف)، وهذا المخلوط يمكن تشكيله في قوالب، صبه أو تحويله إلى شرائط تحت تأثير الحرارة.

البلاستيزولات سوائل يتراوح قوامها بين قوام الماء وقوام السوائل الثقيلة في درجة حرارة الغرفة ($25 - 30^{o}$م)، وبتأثير الحرارة فان حبيبات الراتنج الدقيقة تنصهر وتتفاعل مع العوامل المنشطة للتلدن لتكوين مادة صلبة متينة ومرنة عند درجة 176^{o}م، ويمكن تحويل البلاسيتزول من سائل إلى صلب دون تأثير الضغط حيث يتلاءم مع عمليات التشكيل في قوالب أو عمليات التكسية باستخدام معدات بسيطة التكاليف.

ولما كانت معظم البلاستيزول هي مواد صلبة فان الفاقد في وزنها أثناء الانصهار قليل، ويمكن تشكيلها بالصب أو بالرش على الأسطح كما يمكن دفعها في قوالب أو غمس القالب في سائل بلاستيزولي.

والبلاستيزولات مواد ذات مدى واسع من الألوان ودرجات متعددة من المرونة.

القولبة بالغمس *Dip Molding*:

تستخدم هذه التقنية في تكسية الأجسام المختلفة أو جزء منها بطبقة ذات سمك معين من البلاستيك، ويتم ذلك بغمس قالب ذكر ساخن في سائل البلاستيزول حيث ينصهر البلاستيك على سطح القالب المنغمس متخذا شكله وبعد ذلك ينزع المنتج من القالب، ويمكن الاستغناء عن القالب واستخدام الجسم

نفسه إذا كان المراد تكسيته كله بالبلاستيك كما في شمعات الاحتراق (البواجي) العاب الأطفال، الأحذية، محافظ النظارات، مقابض الأدوات المختلفة، صمامات تشغيل الآلات ومطبقيات تجفيف الصحون.

وفي حالات الإنتاج الوفير كما في الصناعة فان خط الإنتاج يشمل طلمبة تدفع بالسائل البلاستيزولي إلى خزان ساخن يتم فيه غمس القوالب أو الأشياء المطلوب تكسيتها بالبلاستيك ثم منطقة تبريد تتبعها محطة لنزع المنتج عن القالب الذكر إذا كان مطلوب إعادة تشغيله، ويسخن القالب عادة إلى درجة حوالي 150°م ليعطي سمك جداري 0.3 – 0.15 سم ويغمس القالب في خزان البلاستيزول الساخن فترة ما بين 3 – 5 دقائق ثم يرفع ببطء ثم يوضع في فرن درجة حرارته 150°م لاستكمال صهر البلاستيزول لمدة تتراوح بين 5 – 15 دقيقة ثم ينقل إلى منطقة التبريد حيث يرش بالماء العادي ثم ينزع المنتج عن القالب (في حالة استخدام قالب معدني) آما إذا كان المنتج يغطي كامل الجسم المنغمس فتعتبر منطقة التبريد هي نهاية المطاف له.

الغمس على البارد:

يمكن تكسية الأجسام المختلفة بطبقة من البلاستيزول على البارد خاصة إذا كانت نوعية هذه الأجسام لا تتحمل الحرارة أو تتأثر بها تأثير سلبي وفي هذه الحالة لا تحتاج إلى فرن لاستكمال عملية التكسية ويتكتفى بتيار هوائي جاف.

التكسية بالرش *Spray Coating* :

يستخدم رشاش البلاستيزول وذلك لعزل المواد، عزل الصوت، عمل طبقة حماية على الأجسام المعدنية... الخ.

وتستخدم معدات للخدمات الشاقة خاصة لعملية الرش بالبلاستيزول ثم يدفع تيار من الهواء الساخن الجاف لاستكمال عملية تماسك وتصلب البلاستيزول على السطح المكسي.

وهذه الطريقة تصلح لتغطية السطوح الكبيرة مثل جدران خزانات قاطرات السكك الحديدية والجسم الخارجي لسيارات الركوب والتي تغطي بطبقة من بلاستيزول كلوريد البولي فينيل لعمل طبقة حامية ضد الصدأ والخدش.

القولبة بالتسييل *Slush Molding* :

هي إحدى وسائل تشكيل اللوالب اعتمادا على خاصية قدرة البلاستيزولات على التصلب الفوري بتأثير حراري.

ويستخدم لذلك قالب ألومونيوم مجوف ساخن يملأ بالسائل البلاستيزولي الذي يتخذ شكلا هلاميا فور ملامسته لجدران القالب، ويبقى البلاستيزول داخل القالب الساخن فترة بين ثلاثة إلى خمسة دقائق حيث تتراكم مكونة السمك الجداري المطلوب ثم يفرغ القالب من سائل البلاستيزول الزائد قبل أن يتصلب، ثم يوضع القالب في فرن تتراوح حرارته بين 177 – 205م لبضع دقائق حتى ينصهر الجدار البلاستيزولي المتكون على سطح القالب الداخلي ثم يبرد بالماء ويفتح القالب لإخراج المنتج.

ويتم التحكم في سمك جدار المنتج حسب درجة حرارة القالب والمدة التي يمكثها السائل البلاستيزولي داخل القالب.

وتستخدم تقنية القولبة بالتسييل في صناعة الأجزاء المجوفة لعرائس الأطفال، بصيلات الحقن الطبية وكذلك العاب الأطفال المجوفة المرنة.

القولبة الدورانية:

نستخدم هنا سائل البلاستيزول بديلا عن المسحوق الراتنجي في ملء القالب مما يجعل المنتج مرنا.

وتستخدم هذه التقنية في صناعة كرات القدم والسلة ومساند الأذرع في السيارات والعاب الأطفال وبعض الأجزاء الصناعية التي نحتاج فيها إلى مرونة وصلابة المنتج.

9. اللدائن الرقائقية *Laminated Plastics*:

تصنع رقائق البلاستيك بلصق طبقتين أو أكثر من المواد الراتنجية لتكوين وحدة مفردة أو لوح ذي سمك من البلاستيك. ويعتبر الخشب الرقائقي (المعاكس) مثال نموذجي لفهم هذا النوع من الإنتاج حيث تلصق طبقات متعددة من قشرة الخشب لتكون لوح سميك صلب، وهو نفس الأسلوب الذي يستخدم في صناعة اللدائن الرقائقية.

ولا تقتصر المواد الداخلة في عملية التصنيع على البلاستيك فقط فيمكن أن تكون الطبقات من مواد كالخشب والورق والخيوط مع طبقة من البلاستيك أو قد تكون جميع الطبقات بلاستيكية بحيث تعطي في المنتج النهائي وحدة واحدة يصعب فصل طبقاتها.

وتستخدم أساليب مختلفة في عملية لصق الطبقات ببعضها فأحيانا تستخدم مواد لاصقة قوية وأحيانا أخرى تصهر الطبقات البلاستيكية مع بعضها وفي طريقة أخرى من طرق صنع الرقائق فان الطبقات البلاستيكية تشبع براتنج تخليقي والذي يقوم بلصق الطبقات ببعضها، كما يمكن استخدام الضغط لأعلى من 1000 رطل/بوصة مربعة لتكوين رقائق تسمى رقائق الضغط العالي ومن أشهر أمثلتها ألواح الفورمايكا المستخدمة في تغطية أخشاب المطابخ والطاولات والمقاعد، أما الرقائق المنتجة بالضغط لأقل من 1000 رطل/بوصة مربعة فتسمى رقائق الضغط المنخفض ومن أمثلتها بطاقات التعريف.

عملية تصنيع الرقائق *The Laminating Process* :

تستخدم المكابس الهيدروليكية في إنتاج معظم اللدائن الرقائقية، ويتم ذلك بتشريب الرقائق البلاستيكية براتنجات مواد الثرموسيتنج (مواد التصلد بالحرارة) وتترك لتجف ثم ترتب الرقائق فوق بعضها حتى السمك المطلوب ثم توضع على قاعدة مكبس بين صفيحتين مصقولتين تماما، وبتأثير الحرارة والضغط ينتشر الراتنج خلال طبقات المادة مكونا كتلة رقائقية صلبة.

وتستخدم راتنجات الفينولات، الميلامين، السيليكون، الايبوكسي والبوليستر في عمليات التصنيع وتتراوح درجة حرارة المكبس بين 150، 177°م بينما يختلف الضغط بين 1000، 2000 رطل/بوصة مربعة وتستغرق عملية الكبس دقائق معدودة خاصة عند استخدام راتنجات الثرموسيتنج كما يمكن للعامل الفني إذا أتم الكبس بعناية أن يرفعها من المكبس وهي ساخنة لتبرد خارجه. أما إذا كانت الراتنجات المستخدمة من مواد الثرموبلاستيكية فانه يلزم تبريد صفيحة المكبس قبل إزالة المنتج وذلك بطول دورة التشغيل لضرورة إعادة تسخينها قبل البدء في إنتاج رقائق أخرى.

منتجات الرقائق *Laminated Products* :

يعتبر ورق الحائط وألواح الفورمايكا أكثر الرقائق إنتاجا واستهلاكا وينتج الورق المشبع الميلامين ولب ورق الكرافت المشبع بالفينولات وذلك بغمس بكرات الورق في حوض مملوء براتنج مونمر الفينول السائل حيث يتشرب به حتى التشبع ثم ترفع منه وتترك لتجف ثم تقطع إلى الحجم المطلوب كبسه، وفي الورق الخفيف الوزن الذي يشبع بالميلامين تتبع نفس الخطوات ثم ترص كل الرقائق المطلوبة مع بعضها وتغطى بلوح شفاف من الميلامين لحمايتها ثم يرص فوقها عدة رقائق من ورق الكرافت ثم تغطى الرصة بطبقة من ورق الإزالة ثم صفيحة من الصلب المصقول مع إمكانية وضع عدة رصات داخل المكبس في نفس الوقت، وبعد فترة التماسك والتصلب تزال الرقائق وهي ساخنة وتقطع إلى الحجم المطلوب.

ويرجع شيوع استخدام الورق لرخص ثمنه وصلابته وإمكانية الطبع عليه بمختلف الرسومات والأشكال، والى جانب ورق الحائط وألواح الفورمايكا تستخدم أيضا خيوط النسيج كالكانفاه والقطن مع راتنجات الايبوكسي والفينول لتكوين الألواح الرقائقية ذات العزم العالي مما يجعلها مناسبة للاستخدام في صناعة أجزاء العزل الكهربي، صناديق المصهرات (الفيوزات)، لوحات التوزيع الكهربية، وبعض الألواح يمكن تثقيبه أو إخضاعه لعمليات ميكانيكية لإنتاج التروس والكامات.

مزايا وعيوب البلاستيك:

يوجد للمواد البلاستيكية مزايا وعيوب كأي مادة أخرى يستخدمها الإنسان إلا أن أهم ما يميز البلاستيك عن غيره من المواد الطبيعية الأخرى هو اجتماع الخواص المتعددة في المادة البلاستيكية الواحدة بينما المواد الأخرى يتمتع كل منها بخاصية منفردة مميزة وهذا هو السبب في الانتشار الكبير لاستخدامات المنتجات البلاستيكية فمن الممكن أن تجتمع صفات القوة والمرونة والصلابة وخفة الوزن والشفافية في آن واحد في مادة بلاستيكية واحدة مما يجعلها صالحة لعدة استخدامات متباينة بينما المواد الأخرى بخاصيتها المنفردة لا يمكن أن تصلح لذلك. ومن المزايا أيضا تعدد الألوان الواسع وخاصية العزل للسخونة والبرودة والكهرباء ومقاومة التآكل وسهولة التشغيل ورخص التكاليف.

أما العيوب فهي صعوبة الإصلاح وإمكانية إعطاء رائحة غير مرغوب فيها وعدم احتمال درجات الحرارة العالية وعدم ثبات الأبعاد والتعرض للكسر والتلف إلى جانب التأثيرات البيئية الضارة في حالة إحراقها أو استخدامها كأواني وأكواب للطعام والشراب.

ومن المهم جدا للعاملين في صناعة البلاستيك التعرف الجيد على الخواص الكيميائية والفيزيائية للدائن (الثرموبلاستيك) وهي مواد التلدن بالحرارة وبالتالي يمكنهم الاختيار الأمثل لنوعية الاستخدام المطلوب، لذلك يجب معرفة لماذا وكيف تشغل هذه المواد بالطرق المختلفة، فالعلاقة بين خواص كل لدينة وتأثير هذه الخواص على الطريقة المستخدمة في تشكيلها وسبب اختيار لدينة معينة لمنتج ذي خواص مميزة تتناسب مع استخدامه العملية هي مفتاح فهم صناعة البلاستيك وينبغي تذكر العوامل الثلاثة التالية وهي الخواص المميزة للراتنج وكيف تحدد هذه الخواص طريقه تصنيعه (حقن – بثق – نفخ... الخ) وملاءمة هذه الخواص للاستخدام العملي للمنتج المطلوب.

والنوع الثاني من منتجات اللدائن هي مواد (الثرموستينج) وهي من المواد التي يتم فيها عملية البلمرة بالتصلد بالحرارة ففي حين تكون مواد الثرموبلاستيك

بطريقة البلمرة بالإضافة نجد أن مواد (الثرموستينج) تتكون بطريقة البلمرة بالتكثيف مما يعطينا جزئيات ذات سلاسل طويلة شبكية متقاطعة تنتج بوليمرات متينة قوية لا تنصهر أي غير قابلة لإعادة التشكيل بالحرارة، وبالتالي فان طرق تشغيلها محدودة بالمقارنة بطرق تشغيل مواد الثرموبلاستيك كما أن العوادم الناتجة عن التشغيل لا يمكن إعادة استخدامها مرة أخري ويستخدم الكيميائي مواد الحشو كمسحوق الخشب والألياف الزجاجية لتحسين خواص الثرموستينج في الاستخدامات العملية.

زخرفة البلاستيك:

تشمل الزخرفة والتشطيب للمنتجات البلاستيكية على عدد لا يحصى من العمليات والتي يتم فيها دهان، تغطية، تلوين المنتج مضيفا اله التصاميم الرائعة والتي تلفت النظر وتثير انتباه الزبائن حاملة وموصلة للغرض الذي من اجله صنعت سواء كان المنتج أكياس الحساء أو المغلفات المزركشة.

وفي صناعة البلاستيك تتم معظم عمليات الزخرفة والتشطيب أثناء إنتاج القالب أو بعد صبه مباشرة وقبل تجميع وتركيب الأجزاء.

تغطية البلاستيك بالمعدن:

من التشطيبات المرغوبة لكثير من المنتجات البلاستيكية تغطيتها بطبقة معدنية رقيقة لامعة وذلك بطريقة تعرف بالمعدنة بالتفريغ (الترسيب المعدني تحت التفريغ Vacuum Metallising) وفيها يغطى السح البلاستيكي بطبقة من المعدن يعطيه مظهر معدني براق وجذاب إلى جانب أن هذه الطبقة تعطيه مقاومة معقولة ضد التاكل.

ويمكن تغطية معظم أنواع البلاستيك بطبقة معدنية بالتفريغ ولكن أكثر الأنواع تطبيقا لهذه العملية راتنجات البوليستيرين، البوليستر، البولي كربونات، الفينولات والايه بي اس مع ملاحظة أن بعض البوليمرات تحتاج إلى معالجة خاصة للسطح قبل تغطيته بالمعدن.

ويتطلب انجاز عملية التغطية بالمعادن سلسلة من الخطوات البسيطة نسبيا تتلخص فيما يلي:

1. يغمس السطح أو يرش بطبقة أساس من اللاكيه (الجملكة) وذلك لتسوية السطح من أي عيوب غير ظاهرة ولكن تبدو واضحة بعد تغطيته بالمعدن اللامع.
2. يجفف المنتج داخل فرن.
3. يوضع المنتج على رفد دوار لحمالة نقالي.
4. ويلاحظ إن الحمالة تحتوي على أسلاك تنجستن خيطية تسخن كهربائيا ومثبت بها قطع صغيرة من أسلاك الالومنيوم.
5. توضع الحمالة في غرفة تفريغ ويغلق بابها جيدا ثم تشغل مضخة تفريغ لسحب أكبر كمية ممكنة من المواد داخل الغرفة.
6. يوصل التيار الكهربائي إلى الحمالة لتسخين خيوط التنجستن والتي تسبب تبخر شرائح الالومنيوم فيتجه بخار الالومنيوم إلى التكاثف على السطح البلاستيكي البارد ويلاحظ أن الرف الموضوع عليه المنتج البلاستيكي يتحرك دائريا حتى يسمح لبخار الالومنيوم المكثف بتغطية جميع الأسطح بانتظام.
7. يخرج المنتج بعد تغطيته بالمعدن ويرش بطبقة حامية من الجملكة نظرا لان السطح الالومنيومي سهل الخدش. ويبلغ سمك الطبقة المعدنية المغطية للسطح البلاستيكي 5 أجزاء من المليون في البوصة المربعة مما يجعل الغرض منه زخرفي وليس لمقاومة التآكل آو الوقاية منه.

ويمكن تغطية الشرائط البلاستيكية المستخدمة في لف الهدايا والتغليف بطبقة معدنة وذلك باستخدام بكرات في العملية بديلا عن الأرفف الدوارة.

الطلاء الكهربائي:

من المعروف أن البلاستيك عازل للكهرباء، لذا فانه يجب معالجة سطحه أولا بترسيب مادة معدنية عليه ليمكن طلائه بالكهرباء بعد ذلك.

وتستخدم معدات مماثلة تماما للمعدات العادية المستخدمة في الطلاء بالكهرباء العادية ونجد مميزات عديدة للطلاء الكهربائي المعدني للمواد البلاستيكية

حيث يحتفظ المنتج بالخواص المميزة للبلاستيك مع إمكانية استخدامه كبديل للمعدن وهذا ما نلاحظه بوضوح في الأدوات الصحية والأجهزة الصغيرة وكثير من الأجزاء المعدنية التي يمكن استبدالها ببلاستيك خفيف الوزن مطلي كهربائيا بالمعدن ليؤدي نفس الغرض الذي تؤديه كما في الأدوات المنزلية، أجزاء السيارات خاصة الفوانيس الخلفية والشبكة الأمامية ومقابض الأبواب ولوحات كتابة الأسماء. وهذه الأجسام جميعها تتميز بخواص البلاستيك من خفة وزن ومقاومة عالية للتآكل إلى جانب مميزات المعدن من بريق لامع وتحمل الاستهلاك الطويل.

ويتم الطلاء الكهربي بالمعادن للمنتجات البلاستيكية تجاريا بطريقتين:

الأولى: استعمال شريط موصل كهربي كالفضة المغمورة في محلول نترات الفضة ثم يغمر الجسم المراد طلائه في الحوض مع استخدام مصعد كهربي من مادة النحاس فيطلى الجسم بالنحاس نتيجة فرق الجهد الكهربي ويرفع المصعد النحاس ويستبدل بمصعد من الكروم أو النيكل لتغطيته بطبقة تشطيب نهائي.

الثانية: وتشمل غمس الجسم البلاستيكي في محلول معدني ثم في محلول ملح نحاس أو نيكل ثم يطلى كهربائيا بالكروم أو النيكل. وتسمى هذه الطريقة الطلاء الغير كهربي وهي تعطي طلاء نحاس على سطح الجسم بطريقة أسرع واقل تكلفة من الطريقة الأولى.

ومن المواد البلاستيكية الشائع طلاؤها كهربيا بالمعادن راتنجات البولي كربونات وال ايه بي اس، والاسيتال الفينولات واليوريا.

الختم على الساخن *Hot Stamping*:

رغم قدم استعمال طرق الطبع على الساخن في الزخرفة ووضع العلامات المميزة على البلاستيك نجد إن التقدم الحديث في معدات الطبع ورقائق الختم على الساخن جعلها من أكثر عمليات الزخرفة الفنية شيوعا في الصناعة.

وأساس عملية الختم على الساخن هو نقل تصميم أو نموذج معين من البوليستر الرقيق أو ستارة من شريط السلوفان (يطلق عليه عادة البطانة) على المنتج البلاستيكي.

ويتم ذلك بتأثير الضغط والحرارة معا على البطانة مما يجعل التصميم يثبت على البلاستيك وتختلف معدات الختم على الساخن من الوحدات ذات الإنتاجية العالية التي تعمل آليا إلى مكابس يدوية بسيطة.

وتستعمل أدوات تثبيت مع قوالب مناسبة في الماكينة تجعل من الممكن الختم على أي سطح بلاستيكي.

وتتكون البطانات المستعملة في عملية الختم من طبقة خاصة مصبوغة أو مطلية بالمعدن على الشريط الحامل، ويلاحظ أن الصبغ أو الطلاء المعدني يجب أن يكون متوافقا مع البلاستيك المراد طبعه حيث انه سينصهر ويلتصق بسطح البلاستيك.

وينتج صانعي البطانات تركيبات متعددة منها لكل نوع من الراتنجات البلاستيكية.

وتختلف في خواص مقاومة التآكل ومقاومة الكيماويات والألوان.

كذلك يمكن إنتاج بطانات خاصة ذات مواصفات معينة.

قوالب الختم على الساخن *Hot Stamping Dies*:

تصنع القوالب المعدنية المستخدمة في الختم على الساخن عادة من معادن الصلب، الماغنسيوم، النحاس أو الزنك.

وتستعمل قوالب الزنك والماغنسيوم في عمليات الحفر على المعادن ذات الاستخدام القصير بينما تستخدم قوالب الصلب والنحاس في العمليات طويلة المدى وذلك بعد حفرها بالتصميم المطلوب.

ويمكن تصنيع القوالب من راتنج السيليكون وتتميز بمرونتها ورخص تكلفتها مما يجعلها شائعة الاستعمال حتى في السطوح الغير منتظمة، وتستخدم كدواسة مسطحة في الختم على الساخن للحروف البارزة والتصاميم المختلفة والحواشي.

وتستخدم القوالب ذات النسيج المنبسط أو على شكل بكرات في الختم المتكرر للتصميم أما الختم على السطوح الكبيرة المساحة فيمكن استخدام عدة بكرات من السيليكون الساخن كما في الختم على صندوق التليفزيون.

وتصنع حديثا قوالب تجمع مميزات الصلب والسيليكون وتسمى قوالب ساندوتش ذات خواص مميزة من الصلابة ومقاومة التآكل والمرونة.

عملية الختم على الساخن *Hot Stamping Process*:

تشتمل عملية الختم على الساخن وضع الجسم المراد زخرفته في ماكينة الختم وتثبيته بماسكات وتوضع البطانة المصبوغة باللون المناسب بين الجسم والقالب الساخن ويفضل استخدام بطانة ملفوفة على بكرة تتقدم بعد كل دورة ختم لتعريض جزء غير مستعمل تحت القالب وذلك لكسب الوقت وبإنزال القالب الساخن لكبس البطانة على الجسم البلاستيكي لمدة زمنية محددة تنصهر خلالها البطانة فوق الجسم ناقلة تصميم القالب واللون الذي عليه إلى الجسم وبعد رفع القالب يزال جزء البطانة المستعمل وتكرر الدورة على جسم آخر.... وهكذا.

ونفس الطريقة سواء كانت أليه أو يدوية هي المستخدمة في الختم على الساخن لمعظم المنتجات البلاستيكية.

الطبع بالسلك سكرين *SILK SCREEN PRINTING*:

تستعمل طريقة الطبع بالسلك سكرين بنجاح تام لزخرفة السطوح الصغيرة وكتابة الأسماء والعناوين معطية إنتاج ذو مقاومة عالية للاهتراء ورخيص التكاليف خاصة في حالات الخطوط الدقيقة والطباعة الفاخرة.

وتشمل عملية الطبع بالسلك سكرين نقل حبر أو صبغ خلال ساتر ذو ثقوب دقيقة شبكية إلى سطح المنتج ويستخدم ضغط يدوي أو لدفع الحبر خلال التصميم الموجود على الساتر. ورغم أن هذه العملية تسمى بالطبع بواسطة الساتر الحريري إلا انه يمكن صناعة الساتر من المعدن او البلاستيك (خصوصا النايلون).

ويغطى الساتر بطبقة من الماء أو مذيب كيميائي ويستخدم قلم الاستنسل لعمل التصميم المطلوب عليه ويفضل استخدام الاستنسل التصويري لإيضاح الخطوط الدقيقة.

وسواء كان الطبع يدويا أو أليا فان الجسم المراد طبعه يثبت أسفل الساتر بحوالي 3 مم ويضغط الحبر أو الصبغ خلال الساتر فينتقل التصميم إلى الجسم الذي يزال ويثبت غيره لتكرار العملية بينما يجرى تثبيت الحبر أو الصبغ على الجسم بتجفيفه داخل فرن لمدة قصيرة جدا.

وهناك عدة أنواع من الأحبار والإصباغ تصلح للطبع على جميع أنواع البلاستيك ويساعد على تثبيتها والتصاقها بالجسم البلاستيكي تأثير المذيب، ونلاحظ ان الأحبار التي تثبت أثناء عملية بلمرة تعطي سطح أكثر جمودة وأعلى مقاومة للخدش.

وتصمم آلات الطبع بالسلك سكرين لملاءمة جميع إشكال المنتجات البلاستيكية سواء كانت مسطحة أو متعرجة أو على شكل زجاجات أو شرائط... الخ.

الزخرفة داخل القالب *In-Mould Decoration*:

يمكن الكثير من المنتجات البلاستيكية الناتجة من عمليات القولبة المختلفة أن تزخرف داخل القالب قبل إخراجها منه وذلك بوضع شريط مطلي من البلاستيك المطبوع داخل القالب قبل التشكيل النهائي للمنتج، فينصهر الشريط المزخرف داخل القالب ويصبح جزء متكامل مع المنتج المشكل، وهذا الأسلوب في الزخرفة يعطينا زخرفة ثابتة ومتينة.

وتنجح عملية الزخرفة داخل القالب في عمليات القولبة بالضغط لمواد راتنجات الترموسيتنج وكذلك عمليات قوالب الحقن للمواد الترموبلاستيكية. وتشتمل زخرفة مواد الترموسيتنج على تعبئة وإغلاق القالب بالطريقة التقليدية وعند تماسك الراتنج جزئيا يفتح القالب ويوضع فيه شريط الزخرفة البلاستيكي ثم يغلق القالب وتستكمل عملية التشكيل كالعادة حتى نحصل على المنتج النهائي مطبوعا.

ويصنع شريط الطلي من صفائح السليلوز المطبوع المغطاة بشريط من الميلامين الناضج جزئيا، وبعد اكتمال القولبة يكون شريط الميلامين رابطة متكاملة مع المنتج.

أما زخرفة المواد الترموبلاستيكية الناتجة من عمليات الحقن في قوالب فتتبع نفس الأسلوب المذكور إلا أنها تتم في خطوة واحدة حيث يوضع شريط الطلي البلاستيكي داخل القالب قبل حقن الراتنج لذا فيجب أن تصنع مادة الشريط الطابع من نفس البوليمر المستخدم في الحقن وذلك للحصول على نتيجة ارتباط جيدة في المنتج النهائي. ولمنع زحزحة الشريط الطابع من مكانه داخل القالب أثناء عملية الحقن فان الشريط يشحن بكهرباء استاتيكية.

طلاء اللدائن *PAINTING OF PLASTICS*:

لا تقتصر الإفادة من طلاء اللدائن المقولبة على إكسابها مظهرا براقا وإنما يمكن بالطلاء تحسين الخواص الكهربية، مقاومة الماء والمذيبات والمواد الكيميائية على سطح المنتج، وعلى الرغم من إمكانية تشكيل المنتجات البلاستيكية داخل القالب بألوان مختلفة إلا إننا نجد غالبا احتياجنا لطلائه للحصول على التأثير الزخرفي المطلوب للمنتج خاصة إذا كان المطلوب على المنتج الواحد لونين أو أكثر.

ويمكن طلاء جميع أنواع البلاستيك ولكن هناك بعض الراتنجات التي لا تعطي جاذبية التصاق جيدة على السطح والضرورية لإعطاء نتائج مستديمة. ومن أهم الاعتبارات التي يجب أن تراعى عن طلاء البلاستيك هو ملاءمة المادة المذيبة في الطلاء مع السطح البلاستيكي المراد صبغه، جاذبية الالتصاق مع شراء الطلاء ومقاومة الكيماويات والتآكل.

ومن المنتجات الشهيرة والتي تحتاج إلى طلاء صناديق التليفزيون والراديو، العاب الأطفال تابلوهات السيارات والأجهزة المنزلية. ومن التقنيات المستخدمة في دهان كثير من المنتجات البلاستيكية طريقة الملء (FILL-IN) والتي فيها يملأ الطلاء تصميم مشكل على السطح. ويمكن استخدام الرش أو الطلاء باليد في حالات استخدام طلاء ذي قوام متماسك ويحتوي مادة مذيبة ملائمة.

وهذه الطريقة ذات فعالية خاصة على المقابض وميناء الساعة حيث لا يؤدي اهتراء السطح إلى محو التصميم. وقد أصبح الآن الدهان بالرش عملية مفيدة في زخرفة البلاستيك فنجد أن بعض منتجات القوالب تشطب بالكامل بواسطة الرش اليدوي.

كما يستخدم الرش الآلي في حالات الإنتاج المكثف، ومعظم الأجهزة المستخدمة في الرش مزودة بقناع يغطي الأجزاء الغير مراد طلاؤها بالرش، ويصنع القناع عادة من مادة معدنية تثبت على حواف الأجزاء التي لن تطلى بالرش وتنقل الأجسام المراد صبغها من القالب إلى آلات رش الطلاء الآلية حيث تعلق في مثبتات ترتفع بها لتغطية الأجزاء الغير مراد رشها ثم تدخل إلى وحدة الرش وبعد إخراجها تجفف في الهواء أو داخل فرن.

وهناك طريقة أخرى للطلاء يستخدم فيها بكرات كبيرة من المطاط الناعم تغذي دوما بتيار من الطلاء وبتدويرها ينتشر الطلاء بانتظام على سطح البكرات ثم يثبت الجسم المراد طلاؤها على حامل ويمرر على البكرات. وهذه الطريقة تصلح للأجسام المستوية فقط وذات الأحجام الكبيرة.

الحفر على البلاستيك *Engraving Plastics*:

من الطرق التي تعطي زخرفة مستديمة للبلاستيك هي الحفر الميكانيكي على ألواح البلاستيك الصفائحية. وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في حفر لوحات الأسماء، المقاييس، بطاقات الأسعار، العلامات التجارية.

وتتوافر الألواح الصفائحية في السوق بألوان وسماكات مختلفة ولوح الحفر عبارة عن لوحان رقيقان متماثلان من مادة (P V C) عادة يحصران بينهما لوح رقيق ثالث ذو لون مختلف عنهما، ويحفر احمد الوجهين يظهر اللون المختلف للوح الأوسط معطيا إعلانا ذو وضوح تام.

وتستخدم هذه الألواح بكثرة على السفن وفي المصانع الكيميائية لتميزها بمقاومة التآكل مع سهولة تنظيفها علاوة على استخدامها الشائع في المكاتب والمدارس وغيرها. باستخدام ماكينة الحفر والتي تتبع آثار نموذج معدني. يمكن الحفر على السطح العلوي للوح فتظهر الصفيحة السفلية ذات اللون المختلف مبينة شكل الحرف أو التصميم المناظر.

التجانس بين أنواع البلاستيك المختلفة:

من أهم العوامل المؤثرة على خصائص أنواع البلاستيك المختلط هو درجة التجانس بين مكونات المخلوط، وحيث أن مواد البلاستيك عبارة عن أنواع مختلفة، فإن التزاوج والتجانس بينهم له عوامله التي تؤثر عليه.

فنجد المواد البلاستيكية المستقطبة (البولي أسترات مثلاً) تنسجم وتتجانس مع بعضها بنسب متفاوتة، كذلك المواد البلاستيك غير المستقطب (كالبولي أوليفينات – بولي ايثيلين، بولي بروبيلين....) ينسجم مع بعضه، ولكي ينسجم البلاستيك غير المستقطب مع البلاستيك المستقطب، مثلا البولي ايثيلين تيريفثالات PET، بوليمر شبه قطبي بينما البولي إيثيلين PE فهو غير قطبي، لذلك فإن التجانس بينهما ضعيف.

وطبعاً توجد طرق مختلف لإحداث هذا التجانس في المخلوط، وأنواع عديدة من الإضافات التي تعمل على زيادة نسبة التجانس بينهما، ومنها إضافة مادة تسمى Compatibilizer في عملية تسمى In Sitiu Compatibilization وذلك لزيادة الترابط والانتشار بين أطوار البوليمرات وبعضها، وتتلخص هذه العملية في إضافة نسبة من 5– 10٪ من مواد ذات مجموعات فعالة مناسبة (مثل أنهيدريد، كربوكسيل، إيبوكسي... الخ ومن أمثال تلك المواد ماليك أنهيدريد Maleic

anhydride، حمض الأكريليك Acrylic acid، جليسيديل ميثا أكريلات Glycidyl methacrylate. تقوم بالترابط مع مجموعات الكربوكسيل للـ PET في المنطقة بين سطحي أطوار البلاستيك PE/PET-Interface وتقلل من التوتر السطحي بين أطوار البوليمر وتزيد من قوى التلاصق بينهم فيظهر وكأنهم طور واحد.

تضاف هذه الإضافات إلى مصهور البلاستيك في عمليات البثق Extrurding مثلاً، وتسمى هذه العملية بالبثق النشط أو الفعال Reactive extruding أو Reactive compatibilization، وينتج عن ذلك تكون مواد بلاستيكية مطعمة بمواد أخرى، وتحمل المواد الناتجة مزيج من صفات المواد المكونة للمخلوط مع اختلاف بسيط.

7

الفصل السابع

الألومنيوم

الألومنيوم

تمهيد:

استخدم قدماء الإغريق والرومان أملاح النحاس كمادة للصباغة وكمادة قابضة لتضميد الجروح، إن الالومنيوم لا يزال يستخدم كدواء للتقلصات في أنسجة الجسم. ففي 1761 جوتون دي مورفو اقترح تسمية الألوم ألومين. في 1808، همفري داي عرف وجود المعدن، والذي سماه في البداية ألوميوم وبعد ذلك ألومنيوم .

وأنتج المعدن لأول مرة في عام 1825 (في صيغة غير نقية) بواسطة الفيزيائي والكيميائي هانز كريستيان. حيث فاعل كلوريد الألومنيوم اللامائي مع أمالجام البوتاسيوم وأسفرت التجربة عن قطعة من المعدن تشبه القصدير. فريدريك وولر كان على دراية بهذه التجارب واستشهد بها، ولكن بعد إعادة تجربة هانز كريستيان اورستيد خلص إلى أن هذا المعدن هو البوتاسيوم النقي. وقام بإجراء تجربة أخرى مماثلة في 1827 من خلال خلط كلوريد الألومنيوم اللامائي مع البوتاسيوم، وأسفرت عن الألومنيوم. وولر عامة له الفضل في عزل الألومنيوم (الاسم اللاتيني alumen, alum)، ولكن أيضا اورستيد يعد هو المكتشف وعلاوة على ذلك، فان بيار برزير اكتشف الألومنيوم في خام البوكسايت وانتزعه بنجاح الفرنسي هنري سانت اتيان كلير ديفيل قام بتحسين أسلوب وولر في 1846، ووصف التحسينات في كتاب، في 1859 وعلى رأسها تلك التي يجري فيها استبدال الصوديوم لزيادة تكلفة البوتاسيوم. ويبدو أن ديفيل اقتنع بفكرة التحليل الكهربي لأكسيد الألومنيوم الذائب في الكرايوليت: ولكن شارلز مارتن هال وبول هيرولت قد يكونوا طوروا الطرق العملية أكثر بعد هال.

قبل عملية هال – هيرولت، كان استخراج الألومنيوم صعب للغاية من خاماته المتعددة. وهذا يجعل من الألمنيوم النقي أكثر قيمة من الذهب. وهناك قضبان من الألومنيوم تعرض جانب إلى جانب مجوهرات التاج الفرنسي في المعرض العالمي عام 1855، ويقال أن نابليون الثالث احتفظ بمجموعة طباء عشاء من الالومنيوم خصيصا لضيوفه المميزين جدا .

ولقد اختير الألومنيوم كمادة لاستخدامه كرأس للنصب التذكاري في واشنطن عام 1884، في هذا الوقت كانت الأونصة الواحدة (30 جرام) تغطى أجرة العامل القائم على هذا المشروع، وكان الألومنيوم له نفس قيمة الفضة.

وكانت شركات كاولز تورد سبائك النحاس في كمية إلى الولايات المتحدة وبريطانيا باستخدام المصاهر مثل الفرن من كارل فيلهلم سيمنز حوالي 1886. تشارلز مارتن هال من ولاية أوهايو في الولايات المتحدة وبول هيرولت من فرنسا طوروا مستقلين عن بعضهم عملية التحليل الكهربائي هال – هيرولت والتي جعلت استخراج الحديد من معادنه أرخص وهى الآن الطريقة الأساسية المستخدمة في جميع أنحاء العالم.

الألومنيوم عنصر في الجدول الدوري له الرمز Al والعدد الذري 13. وهو فلز ذو لون أبيض فضي من مجموعة البورون من العناصر الكيميائية. وهو معدن مطيلي أي قابل للسحب. وهو عنصر غير ذواب في الماء في الشروط العادية. وهو من أكثر الفلزات وفرة في القشرة الأرضية، وترتيبه الثالث من بين أكثر العناصر وفرة في الكرة الأرضية بعد الأكسجين والسيليكون. يشكل الألومنيوم 8٪ من وزن سطح الأرض الصلب. ويعتبر الألومنيوم من أكثر المعادن فعالية كيميائية كمعدن حر، ولذلك نجده مرتبطا بأكثر من 270 معدن مختلف، المصدر الرئيسي للألمونيوم هو معدن خام البوكسايت. يمتاز الألومنيوم بمقاومته للتآكل وبخفة وزنه حيث يدخل في صناعة الطائرات.

وللألومنيوم قدرة مميزة على مقاومة التآكل بسبب ظاهرة التخميل وبسبب كثافة المعدن المنخفضة. العناصر البنيوية المصنوعة من الألومنيوم وسبائكه ذات دور فعال في الصناعة الفضائية ومهمة جدا في مجالات أخرى مثل النقل والبناء. وطبيعته التفاعلية جعلته مفيدا كمحفز أو كمادة مضافة في الخلائط الكيميائية، بالإضافة إلى استخدامه في متفجرات نترات الأمونيوم لتعزيز قوة الانفجار.

وا لألمنيوم aluminum ورمزه Al، عنصر معدني عدده الذري 13، يقع في الفصيلة IIIA من الجدول الدوري. وزنه الذري 26.9815، وتكافؤه 3. ويكون أحادي التكافؤ في مركباته التي درجة حرارتها مرتفعة كأحادي كلوريد الألمنيوم AlCl وأحادي فلوريد الألمنيوم AlF. ولا يوجد حراً في الطبيعة لشدة إرجاعه، بل يكون متحداً في الكثير من الصخور السيليكاتية، ولا سيما في ضروب الفلدسبار (الفلسبار) والميكا والتورمالين وغيرها. كما يصادف في منتجات تَدَرُّك الصخور السيليكاتية كالغضار والصفّاح (النضيد) schist، وهو أندر وجوداً على هيئة أكسيد مميَّه (البوكسايت) أو غير مميَّه. ويعدّ البوكسايت الطبيعي أكثر فلزات (خامات) الألمنيوم استعمالاً في الوقت الحاضر.

تتميز ذرة الألمنيوم باحتوائها في حالتها الأساسية على طبقة إلكترونية سطحية تحتوي على ثلاثة إلكترونات، وبذلك يكون تشكيله الإلكتروني في حالته الأساسية 1S2,2S2,2P6,3S4,2P1. وتوضح كمونات تشرد (تأين) إلكتروناته السطحية الأولى (مقدرة بالإلكترون فلط) أنها أسهل نزعاً من الإلكترونات الأخرى: فالتشرد الأول 5.95، والتشرد الثاني 18.82، والتشرد الثالث 28.44، والتشرد الرابع 120.000.

وتعلّل السهولة النسبية التي يمكن بها نزع الإلكترونات الثلاثة الخارجية: Al Š Al3e – الصفة الكهرجابية (الكهربائية الإيجابية) الشديدة للألمنيوم وانخفاضَ قيمة كمون الأكسدة والإرجاع العائد له (– 1.67فلط).

خصائص الألومنيوم:

الألومنيوم فلز خفيف الوزن، ومتين، وذو مظهر يتراوح بين الفضي والرمادي الداكن بحسب خشونة السطح. والألومنيوم غير ممغنط، وهو لا يذوب في الكحول، مع أنه يذوب في الماء في أشكال محددة. جيد التوصيل للحرارة والكهرباء. مقاومة الخضوع للألومنيوم النقي هي 7– 11 ميغا باسكال، في حين أن سبائك الألومنيوم ذات مقاومة خضوع تتراوح من 200 إلى 600 ميغاباسكال وللألومنيوم نحو ثلث

كثافة وجساءة الفولاذ. فهو مطيلي، وسهل التشغيل، والسباكة، والبثق. وهو قابل للسحب وللطرق حيث يمكن قولبته بشكل سهل نسبياً.

تعود قدرة الألومنيوم الممتازة على مقاومة التآكل إلى الطبقة السطحية الرقيقة غير النفاذة والمتماسكة من أكسيد الألومنيوم التي تتشكل عندما يتعرض الفلز للهواء، مما يمنع استمرار عملية الأكسدة. أقوى سبائك الألومنيوم تكون أقل مقاومة للتآكل بسبب التفاعلات الجلفانية مع سبائك النحاس. وهذه المقاومة للتآكل عادة ما تنخفض انخفاضا كبيرا عندما يوجد عدة محاليل ملحية، لا سيما بوجود معادن مختلفة.

تترتب ذرات الألومنيوم في بنية مكعب متمركز الوجوه (fcc).

الألومنيوم أحد المعادن القليلة التي تحافظ على انعكاسها الفضي الكامل عندما تكون بشكل مسحوق دقيق، مما يجعله مكونا هاما جدا في الطلاءات الفضية. ومرآة الألومنيوم ذات أعلى انعكاس من أي معدن عند أطوال موجات (200 – 400 نانومتر) (في مجال الأشعة فوق البنفسجية) وعند 3000 – 10000 نانومتر (في مجال الأشعة تحت الحمراء)، في حين أن القصدير والفضة تتفوق عليه في مجال الضوء المرئي 400 – 700 نانومتر كما أن الفضة والذهب والنحاس تتفوق عليه في مجال الطول الموجي 700×3000.

الألومنيوم هو موصل جيد للحرارة والكهرباء، ووزنه أقل من النحاس. يمكن للألومنيوم أن يكون موصلا فائقا، مع درجة حرارة حرجة للتوصيل الفائق 1.2 كلفن، ومجال مغناطيسي حرج حوالي 100 غاوس.

الألمنيوم جسم صلب بلوري ذو لون أبيض فضي؛ تبلغ قوة شده عندما يكون مليّناً بالتحمية 463كغ/سم^2، وعندما يكون مصفحاً بالبارد 1089كغ/سم^2 وهو غير سام وخفيف جداً، كثافته النسبية 2.708، ينصهر في الدرجة 660°س، ويغلي في الدرجة 2450°س، وهو معدن لين وكبير الاستطالة، ويمكن أن يستطيل بالشد إلى مدى 50٪ من طوله. وهو ناقل جيد للحرارة والكهرباء إذ تبلغ ناقليته ثلثي ناقلية النحاس، وهو عاكس ممتاز للأشعة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء،

ويمكن أن تصل درجة عكسه للأشعة تحت الحمراء إلى 97٪. يتكون على سطحه في حالته الطبيعة غشاء حافظ من أكسيد الألمنيوم Al2O3 يبلغ سماكته 50 أنغستروماً (A°= 10 –10 متر) يقيه من التآكل العادي. ويعتبر الألمنيوم من اخف مواد البناء وزنا مقارنة بالحجم , فكثافته التي تبلغ 2,70 تعادل ثلث كثافة الحديد والنحاس. وللألمنيوم خواص أخرى هامه منها: مقاومته العالية للصدأ، مقاومته الجيدة للحريق بفعل عدم اشتعاله فالألمنيوم يذوب عند درجه 660، وهي درجه متأخرة يصل إليها الحريق حيث يمكن أن يكون الحريق قد تم السيطرة عليه قبلها، كما أن مقاومة فائقة للتآكل ولذلك فهو يعتبر من المواد المعمرة.

خواص الألمنيوم الكيماوية:

الألمنيوم معدن شديد الفعالية يتحد بالحرارة مع الهالوجينات والأكسجين والآزوت والكربون. ويطلق باحتراقه في الأكسجين كمية كبيرة من الحرارة وفق التفاعل:



$$2Al+3/2O_2 \longrightarrow Al_2O_3$$

ويُرجع الكثير من الأكاسيد محرراً المعدن الآخر، وتسمى هذه الطريقة الإرجاع الحراري بالألمنيوم:



$$2Al+Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 +2Fe$$

تؤثر في الألمنيوم محاليل كلور الماء المركّزة والممدّة، ويؤثر فيه حمض الكبريت المركّز وحمض فوق الكلور الساخنان، ولا يتأثر بحمض الكبريت الممدد أو المركّز الباردين، ولا بحمض الآزوت المركّز. تؤثر فيه القلويات القوية بعنف ويتشكل ملح الألومينات. ويتأكسد بسرعة بالماء بدرجة °180س. وهو غير قابل للاشتعال إلا عندما يكون مسحوقاً.

الألومنيوم في الطبيعة:

فلز الألمنيوم هو من أكثر العناصر الفلزية توافراً في القشرة الأرضية بعد الأكسجين والسيليكون بنسبة مقدارها 8.3٪. لا يوجد فلز الألومنيوم في الطبيعة

بشكله النقي الحر، ويعود ذلك إلى الفته القوية للأوكسجين، فيكون في الأكاسيد أو السيليكات الفلسبار، وهي أكثر مجموعات الفلزات شيوعا في القشرة الأرضية، هي سيليكات الألومنيوم. يمكن لمعدن الألومنيوم الأصلي أن يوجد كحالة ثانوية في البيئات منخفضة الأكسجين، مثل داخل بعض البراكين ويوجد أيضا في فلزات البريل، والكرايوليت، والغارنيت، والإسبينل، والفيروز. الشوائب في أكسيد الألومنيوم، مثل الكروم أو الكوبالت تعطي الأحجار الكريمة مثل الياقوت. أكسيد الألومنيوم النقي والمعروف باسم الكوروند، هو أحد أقسى المواد المعروفة على الإطلاق.

ومع أن الألومنيوم هو عنصر شائع ومنتشر وعلى نطاق واسع، إلا أن فلزات الألومنيوم لا تعتبر مصادرا اقتصادية للمعدن. فكل معدن الألومنيوم تقريبا ينتج من معدن خام البوكسايت $AlO_x(OH)_{3-2x}$ يوجد البوكسيت نتيجة التجوية أديم الأرض التي تحتوي على نسبة قليلة من الحديد والسيليكا في ظروف مناخية مدارية. وتوجد كميات كبيرة من البوكسيت في أستراليا، والبرازيل، وغينيا، وجامايكا ولكن مناجم المعدن الخام الرئيسية هي في غانا، واندونيسيا، وجامايكا، وروسيا، وسورينام. ويصهر المعدن الخام أساسا في أستراليا والبرازيل وكندا والنرويج وروسيا والولايات المتحدة. ونظرا لأن عملية الصهر هي عملية كثيفة الاستخدام للطاقة، فإن المناطق التي يزيد فيها إمدادات الغاز الطبيعي (مثل دولة الإمارات العربية) أصبحت أماكن تكرير للألومنيوم.

نظائر الألومنيوم:

للألومنيوم تسعة نظائر يتراوح عددها الكتلي بين 23 و30. يوجد في الطبيعة نظيرين فقط هما 27Al (نظير ثابت) وله وفرة طبيعية مقدارها 99.9٪، و26Al (مشع عمر النصف له 7.2 × 105 سنة). ينتج النظير 26Al من الأرغون في الغلاف الجوي بواسطة التشظي (Spallation) الذي تسببه بروتونات الأشعة الكونية. تستخدم نظائر الألومنيوم في التطبيقات العملية لتحديد تاريخ الترسبات البحرية، وعقيدات المنغنيز، والثلج الجليدي والكوارتز في القصف الصخري

والنيزكي. وقد استخدمت نسبة 26Al إلى 10Be لدراسة دور نقل وترسيب وتخزين الرواسب وأوقات الدفن والتآكل على مدى 105 إلى 106 عام بالمقاييس الزمنية. وقد استخدم النظير الكوني 26Al أول ما استخدم في دراسات القمر والنيازك. فشظايا النيازك، بعد انفصالها عن الجسد الأب، كانت معرضة لقصف مكثف من الأشعة الكونية خلال سفرها عبر الفضاء، مما تسبب في توليد 26Al. وبعد سقوطها على الأرض، حجب الغلاف الجوي شظايا النيزك من إنتاج المزيد من 26Al، وبذلك يمكن استخدام اضمحلاله في تحديد عمر النيازك الأرضية. وقد أظهرت الأبحاث النيزكية أن 26Al كان وفيرا في وقت تكوين كوكبنا. ويعتقد معظم علماء النيازك أن الطاقة المنطلقة من اضمحلال 26Al كانت مسؤولة عن ذوبان وتمايز بعض الكويكبات بعد تشكيلهم منذ 4.55 مليار سنة.

إنتاج الألومنيوم:

على الرغم من الألمنيوم هي العنصر المعدني الأكثر وفرة في قشرة الأرض (ويعتقد أن 7.5 إلى 8.1 في المائة)، فإنه من النادر في شكل حر، ويحدث في البيئات التي تفتقر إلى الأكسجين، مثل البراكين الطينية، وكان يعتبر المعدن الثمين أكثر قيمة من الذهب. نابليون الثالث، إمبراطور فرنسا، كان يزعم انه أقام مأدبة طعام حيث أعطى أكثر الضيوف شرفا أواني من الألومنيوم، في حين أن الآخرين من الضيوف أعطاهم الذهب. وقد اكتمل نصب واشنطن التذكاري، مع 100 أوقية (2.8 كلغ)من الألومنيوم باعتباره اللمسة الأخيرة والتي تم وضعها في مكان في يوم 6 ديسمبر 1884، وذلك في حفل إخلاص متقن. وكانت أكبر قطعة مفرده من الألومنيوم في ذلك الوقت. وفي ذلك الوقت، الألمنيوم، كان غالي مثل الفضة. وقد تم إنتاج الألومنيوم بكميات تجارية في ما يزيد قليلاً على 100 سنة.



البوكسيت:

الألومنيوم يعتبر فلز ذات طبيعة تفاعليه قوية والذي يكون روابط كيميائيه ذات طاقة عالية مع الأكسجين بالمقارنة مع معظم المعادن الأخرى، فإنه من الصعب استخراجه من الخام، مثل البوكسايت، ويرجع ذلك إلى الطاقة اللازمة لتقليل أكسيد الألومنيوم ($3O_2Al$). على سبيل المثال، الاختزال المباشر مع الكربون، باعتباره يستخدم لإنتاج الحديد، لا يمكن كيميائيا، لأن الألومنيوم عامل اختزال أقوى من الكربون. أكسيد الألومنيوم له درجة انصهار نحو 2،000 C°. في هذه العملية، أكسيد الألومنيوم يذوب في الكرايوليت المنصهر وبعد ذلك يختزل إلى الفلز النقي. درجة الحرارة التشغيلية للحد من الخلايا حوالي 950 إلى 980 C°. كما وجد الكرايوليت بعلم المعادن المعادن في جرينلاند، ولكن في الاستخدام الصناعي فقد استعيض الاصطناعية الجوهر. الكرايوليت هو مركب كيميائي من الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم والفلوريد: ($6AlF_3Na$).أكسيد الألومنيوم (مسحوق أبيض) ويتم الحصول عليه بتكرير البوكسايت في عملية باير لكارل باير. (السابق،عملية ديفيل وكانت هي الغالبة في تكنولوجيا التكرير).

كما ذكر سابقاً فإن مادة الألومنيوم شديد الارتباط مع الأكسجين بحيث يصعب فصلهما. بالمقارنة مع الفلزات الأخرى، فإنه من الصعب أن يتم فصله من خاماته، مثل البوكسيت، وذلك نظراً إلى الطاقة اللازمة لإرجاع أكسيد الألومنيوم $3O_2Al$. على سبيل المثال، فإن الإرجاع المباشر بالكربون كما يتم مع الحديد غير ممكن كيميائياً، لأن الألمنيوم بحد ذاته عامل مرجع أكثر قوة من الكربون. وبما أن لأكسيد الألمنيوم نقطة انصهار عالية نسبياً حوالي 2000°س، لذلك فإن الألمنيوم يستحصل عن طريق التحليل الكهربائي. يحل أكسيد الألومنيوم في هذه العملية في الكريوليت $6AlF_3Na$ المذاب، من ثم يرجع إلى الفلز النقي. تكون درجة حرارة التشغيل لخلايا الإرجاع من 950 إلى 980°س. يتواجد الكريوليت كمعدن في غرينلاند، أما أكسيد الألومنيوم فيستحصل من معالجة البوكسيت بطريقة باير.

التحليل الكهربائي:

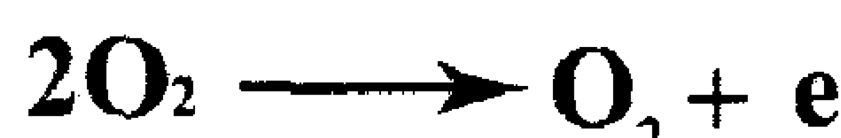
إن طريقة التحليل الكهربائي للحصول على الألومنيوم حلت محل طريقة فولر Wöhler process، والتي كانت تتضمن إرجاع كلوريد الألومنيوم اللا مائي بالبوتاسيوم. كل من المسريين المستعملين في عملية التحليل الكهربائي مصنوعان من الكربون. عندما تصبح الخامة في الحالة المنصهرة تتحرر:



$$Al^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow Al$$

الشوارد (الأيونات) وتصبح حرة الحركة، وتحدث العمليات التالية على المساري: على المهبط (الكاثود)، المسرى السالب: نحصل على الألومنيوم.

يلاحظ هنا أن الألومنيوم حدثت عليه عملية إرجاع (ربح إلكترونات)، ويتشكل الألمنيوم الحر بشكله الفلزي، ويهبط إلى القاع. على المصعد (الأنود)، المسرى الموجب: يتحرر الأكسجين.



$$2O_2 \longrightarrow O_2 + e$$

باستمرار تعرض مسرى الكربون للأكسجين تحدث عملية أكسدة له، حيث يتشكل ثنائي أكسيد الكربون.



$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

لذلك يجب استبدال قضبان الكربون على المسرى الموجب باستمرار كونها تستهلك أثناء سير العملي.

ويتم الحصول على الألمنيوم من البوكسيت، وهو أكسيد ألمنيوم مميَّه. يتكون البوكسيت من الألُمين (50– 60٪) Al_2O_3 والسيليس (3– 5٪) وأكسيد التِتان (2– 4٪) وأكسيد الحديد (20– 30٪). ويصعب في حالة الألمنيوم تطبيق الطرائق التقليدية المتبعة في استحصال المعادن، إذ يتم فيها تحضير المعدن (أو محلول له) مشوياً في بادئ الأمر ثم ينقّى من شوائبه، ذلك لأن الألمنيوم شديد القابلية للتأكسد. لذا تعتمد طرائق تحضيره على استحصال الألُمين بدرجة نقاوة عالية ثم تحليله كهربائياً.

ولتنقية الألمين وفق طريقة باير الأكثر شيوعاً يُعالَج خام البوكسيت تحت ضغط مرتفع بمحلول الصودا الكاوي (هدروكسيد الصوديوم) المركّز الساخن فيذوب السيليس متحولاً إلى سيليكات، ويذوب أكسيد التِتان متحولاً إلى التيتانات، وتذوب أكاسيد الألمنيوم متحولة إلى ألومينات Na_3AlO_3 أو $NaAlO_2$.



$$2Na_3AlO_3 + 3H_2O \longrightarrow Al_2O_3 + 6NaOH$$

وأما أكسيد الحديد Fe_2O_3 فيترسب على شكل وحل أحمر.

يُفصل محلول ألومينات الصوديوم من الرواسب بالمرشّح الضاغط ويرسَّب الألمين من الرشاحة بالتبريد والتخفيف بالماء وإمرار غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتفاعل مع هدروكسيد الألمنيوم ويعجِّل بذلك في انفصال هدروكسيد الألمنيوم:



$$Al(OH)_3 + 3NaOH \longrightarrow Na_3AlO_3 + 3H_2O$$

يُفصل هدروكسيد الألمنيوم من المحلول بالترشيح ويتم غسله جيداً بالماء ثم يكلّس في أفران دوّارة تبلغ درجة الحرارة فيها نحو °1000س للحصول على الألمين الجاف:

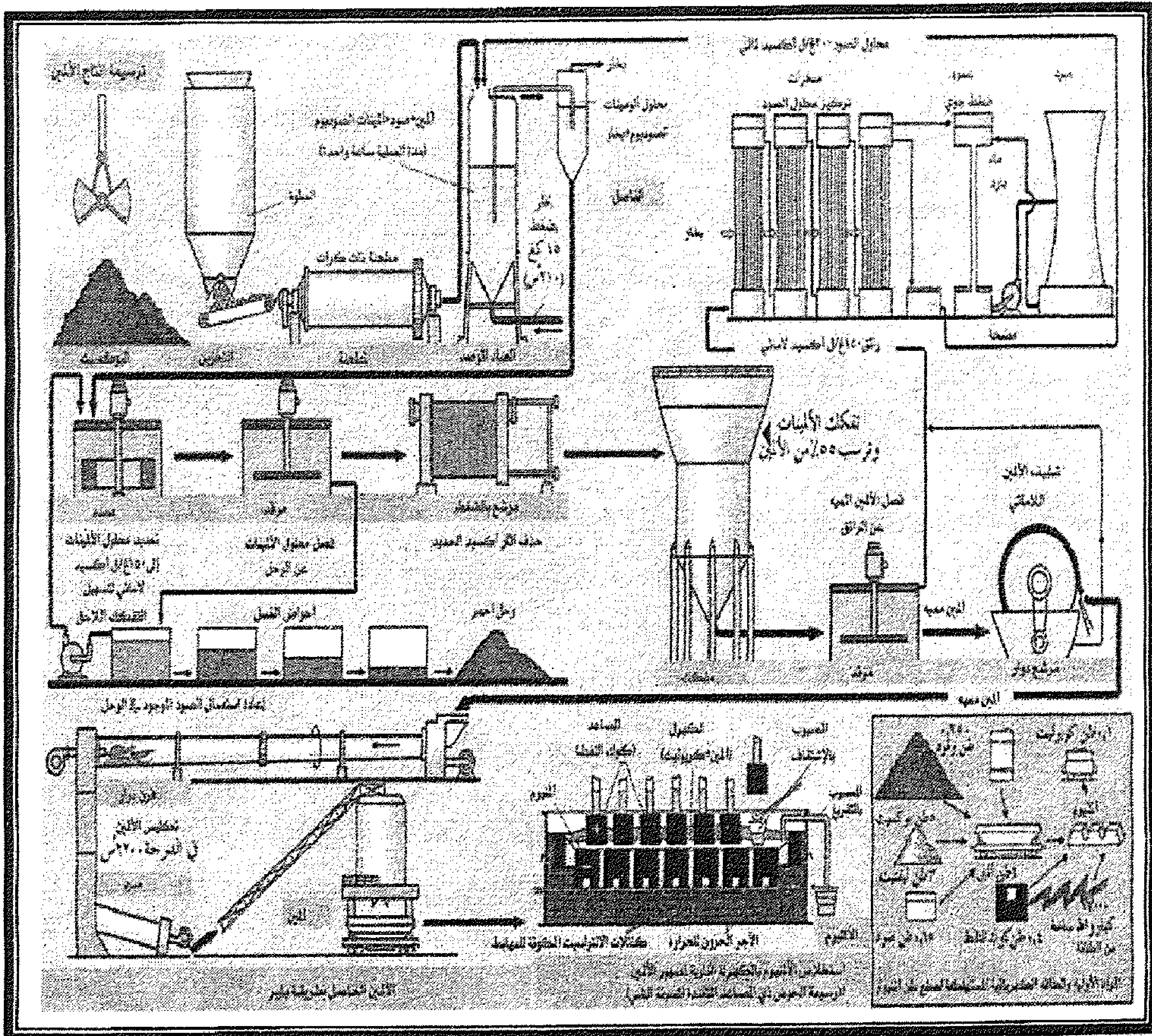


$$Al2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3$$

يُشحن الألمين اللامائي الناتج إلى وحدات المعالجة بطريقة هول – هيرو حيث يُرجع بالتحليل الكهربائي في خلية (حمام) نموذجية تتألف من حوض فولاذي مستطيل مبطن بالآجر العازل والكربون يحوي متحللاً بالكهرباء (إلكتروليت) مؤلفاً من الألمين والكريوليت المنصهر (الكريوليت ملح مضاعف لفلوريد الألمنيوم وفلوريد الصوديوم بنسبة جزيء من الأول إلى ثلاثة جزيئات من الثاني ($3NaF, AlF_3$). ويغطي القعر الكربوني مَفْرش من الألمنيوم المصهور يعمل مهبطاً. وتعلق في المتحلل الكهربائي كتل من الكربون سبق تحميصها، ويُستخدم الكربون مصعداً لأنه لم تعرف حتى الآن مادة بديلة تقاوم المفعول المتآكل لصهور الفلوريد ولأنه مرجِع متحلل بالكهرباء (كهرليتي) مناسب للألمين. ويمر التيار المهبطي بالقعر الكربوني عن طريق قضبان فولاذية متصلة بالمهبط.

إن آلية التفاعلات التي تحدث داخل الخلية غير معروفة على وجه الدقة، وأبسط النظريات تفترض تأين (تشرد) الألُمين في درجات الحرارة العالية. وفي أثناء التحليل الكهربائي يتوضع الألمنيوم على المفرش المعدني أي المهبط، ويتحرر الأكسجين عند المصعد ليتفاعل مع الكربون معطياً ثنائي أكسيد الكربون CO_2، كما يُرجع الكربون قسماً من CO_2 إلى أحادي أكسيد الكربون CO بتفاعلات ثانوية. وبعد فواصل زمنية تراوح بين 24 و48 ساعة يُترك مصهور الألمنيوم يسيل من مثْعب (سيفون) siphon من أنبوب بشكل W متصل بالخلية.

يتطلب إجراء هول مقادير كبيرة من الطاقة الكهربائية (نحو 14000 كيلو واط/ساعة للحصول على الطن الواحد) وتعتريه مشكلة التلوث بالفلوريد السام.



إنتاج الألمونيوم

وهناك طرائق حديثة لتحضير الألمنيوم منها:

- طريقة «شركة المنيوم أمريكة» Aluminium Company of America: وهي طريقة أكثر فعالية لإنتاج الألمنيوم من البوكسيت، وفيها يتفاعل أكسيد الألمنيوم مع الكلور معطياً كلوريد الألمنيوم، وبالتحليل الكهربائي لهذا الأخير ينتج المعدنُ والكلور. وتمتاز خطة هذه الشركة بعدم استعمال الفلوريد وباستهلاك ثلث ما تتطلبه طريقة هول. هيرو من طاقة كهربائية.
- طريقة توث Toth: يُنتج معدن الألمنيوم في هذه الطريقة من الكاؤلان kaolin وضروب أخرى من الغضار الغني بأكسيد الألمنيوم، وفيه يكلّس الغضار ويكلْوَر ثم يُفاعل كلوريد الألمنيوم الناتج بالمنغنيز المعدني فيعطي الألمنيوم وكلوريد المنغنيز. يحدث التفاعل في درجة حرارة منخفضة نسبياً (260° س) ويستعاد معدن المنغنيز وغاز الكلور من كلوريد المنغنيز بالتحليل الكهربائي لمصهوره، ويعاد استعمالهما في العملية.

تعد طريقة توث أكثر فعالية وأقل كلفة من طريقة هول، فهي أقل استهلاكاً للطاقة ولا يستعمل فيها البوكسيت المستورد.

- الطريقة اللاكهربائية: وهي طريقة لا تستعمل فيها الكهرباء، بل يسخن مزيج خامات الألمنيوم مع وقود مشتق من الفحم الحجري في فرن مغلق، فتنتج سبائك خليطة من الألمنيوم والسيليسيوم Al – Si يمكن تنقيتها إلى الألمنيوم الصرف.

ومن طرائق التنقية للحصول على الألمنيوم الفائق النقاوة طريقة المحص بالمناطق zone refining التي تشتمل على انصهار وتبلور متكررين، وذلك بوضع العينة المراد تنقيتها في أنبوب ضيق طويل نسبياً وتمرر ببطء عبر فرن ذي مناطق قصيرة حارة وباردة بالتناوب، فيحدث الانصهار في المناطق الحارة ويحدث التبلور في المناطق الباردة. فعندما ينتقل القضيب عبر الفرن يمر تباعاً بجميع المناطق فتبقى الشوائب في المناطق المصهورة منتقلة إلى نهاية واحدة من القضيب.

وكثيراً ما يلجأ إلى هذه الطريقة للحصول على مواد نقية جداً وذلك عندما تكون الكميات صغيرة ومرتفعة التكاليف، إذ يمكن أن تبلغ من النقاء درجة لا يبقى فيها من الشوائب إلا 0.2 جزء بالمليون.

ونجدر الإشارة إلى أن الألومنيوم يكون قابل لاعادة التصنيع بنسبة 100٪ بدون أى فقد في خاماته الطبيعية. أعادة المعدن لطبيعته عن طريق أعادة التصنيع أصبح مظهر هام في صناعة الألومنيوم.

إعادة التصنيع تتضمن صهر الخردة، وهى عملية تحتاج إلى 5 في المائه فقط من الطاقة المستخدمة لإنتاج الألومنيوم من الخام.ولكن جزءا كبيرا (حوالي 15٪ من المواد الداخلية) تفقد كشوائب (رماد يشبه الأكسيد). وكانت إعادة التصنيع ذات نشاط منخفض وغير بارزة حتى أواخر 1960، عندما أثار الاستخدام المتزايد لعلب المشروبات وعي العامة.

يختبر الألومنيوم في أوروبا بمعدلات عالية من اعادة التصنيع، التي تتراوح بين 42٪ من علب المشروبات، 85٪ من مواد البناء و95٪ من مركبات النقل.

الألومنيوم المعاد تصنيعة يسمى ألومنيوم ثانوي، ولكنه يحافظ على نفس الخصائص الفيزيائية مثل الألومنيوم الأصلي. ويتم إنتاج الألمنيوم الثانوي على نطاق واسع من الأشكال ويستخدم في 80٪ من سبائك الحقن. وله استخدام هام آخر في النتوء.

الشوائب البيضاء الناتجة من إنتاج الالومنيوم الأصلي ومن عمليات اعادة التصنيع الثانوي ماتزال تحتوى على كميات مفيدة من الألومنيوم والتي يمكن استخراجها صناعيا. العملية تنتج بيلتات الالومنيوم، إلى جانب ماده شائبة بالغة التعقيد. هذه النفاية هي من الصعب السيطرة عليها. وهي تتفاعل مع الماء، وتطلق خليط من الغازات (بما في ذلك، من بين غازات أخرى، الهيدروجين، والأسيتيلين، والأمونيا) التي تشتعل تلقائيا عند تعرضها للهواء؛ التعرض للهواء الرطب ينتج عنه انطلاق كميات وفيرة من غاز الأمونيا. ورغم هذه الصعوبات، فإن هذه النفايات وجد أن لها فائدة كحشوة في الأسفلت والخراسانة.

حالات تأكسد الألومنيوم:

هناك ثلاثة حالات تأكسد للألمونيوم وهي:

حالة التأكسد الأولى:

AlH ينتج عند تسخين الألومنيوم في جو من الهيدروجين.Al_2O يصنع عن طريق تسخين الأكسيد العادي، Al_2O_3، مع السيليكون في 1800 درجة مئوية في فراغ.

Al_2S يمكن تحضيره بتسخين Al_2S_3مع رقائق الألومنيوم في 1300 درجة مئوية في فراغ. وبسرعة لايتناسب مع المواد الأولية. السيليندي يحضر بطريقة متوازية.

AlF, AlCl وAlBr توجد في حالة غازية عندما يسخن ثلاثي الهاليد مع الألومنيوم. هاليدات الألومنيوم توجد عادة في صيغة AlX_3, e.g. AlF_3, $AlBr_3$, ALL_3 الخ.

حالة الأكسدة الثانية:

الألمنيوم أحادي الأكسيد، AlO قد تم اكتشافه في الحالة الغازية بعد الانفجار، وفي امتصاص الأطياف.

حالة الأكسدة الثالثة:

قواعد فاجان تظهر أن الكاتيون البسيط ثلاثى التكافؤ Al_3+ غير متوقع أن يوجد في الأملاح غير السائلة أو المركبات binary مثل Al_2O_3. الهيدروكسيد يعتبر قاعدة ضعيفة وأملاح الألومنيوم للأحماض الضعيفة، مثل الكربونات، لايمكن تحضيرها. أملاح الأحماض القوية، مثل النترات تكون مستقرة وتذوب في الماء، تشكل هيدرات مع على الأقل ستة جزيئات من الماء في التبلور.

هيدريد الألومنيوم (AlH_3) n يمكن أن ينتج من ثلاثي ميثيل الألومنيوم ومزيد من الهيدروجين. وهي تحترق بفرقعة في الهواء. يمكن أن تحضر أيضا بفعل

كلوريد الألومنيوم على هيدريد الليثيوم في محلول ايثيري، ولكن لا يمكن ان تعزل حرة من المحلول. هيدرات – الألومينو لمعظم العناصر موجبة الشحنة معروفة، وأكثرها فائدة هو 4 lithium aluminium hydride, $LiAlH_4$]. انها تتحلل إلى هيدريد الليثيوم والألومنيوم والهيدروجين عند تعرضها للحرارة،وتتميأ بالمياه.لها استخدامات كثيرة في الكيمياء العضوية، وخاصة كعامل مختزل.فإن هاليدات الألومينو لها هيكل متشابه.

هيدروكسيد الألومنيوم يمكن إعداده كراسب جيلاتيني بإضافة الأمونيا إلى محلول مائي من ملح الألومنيوم. ويجري في وسط الغلاف الجوي العادي، باعتباره حمض ضعيف جدا، ويكون الألومينات مع الالكيلات. هي موجودة في مختلف أشكال بلورية.

كربيد الألومنيوم Al_4C_3 يمكن تحضيره بتسخين خليط من العناصر فوق 1000 C°. البلورات ذات اللون الأصفر الباهت لها شكل شبكي، وتتفاعل مع الماء أو الأحماض المخففة لكي تعطى الميثان. فإن acetylide، لو 2 (ج 2) 3، ويتم عن طريق تمرير الأسيتيلين أكثر من الألومنيوم ساخنة.

نيتريد الالومينيوم. AlN، يمكن ان يحضر من العناصر عند درجة حرارة 800 C°. فوسفيد الألمنيوم، AlP، يحضر بالمثل، والتحلل المائي يعطى فوسفين، أكسد الالومنيوم، Al_2O_3 ، يحدث في الطبيعة ككوراندوم، ويمكن أن يحضر عن طريق حرق الالومنيوم في الأكسجين أو عن طريق تسخين الهيدروكسيد، النيتريت أو الكبريت. وباعتبارها أحجار كريمة، فان صلابتها يتعداها الماس، نيتريد البورون، والكربورانـدوم فقط. وهي إلى حد كبير لاتذوب في الماء. كبريتيد الالومنيوم، Al_2S_3 يمكن تحضيره عن طريق تمرير كبريتيد الهيدروجين على مسحوق الألومنيوم. وهو متعدد الأشكال.

يوديد الألومنيوم، AlI_3، يعتبر ديمر وله تطبيقات في التخليق العضوي. فلوريد الألومنيوم، AlF_3، يمكن تحضيره بمعالجة الهيدروكسيد مع HF، أو يحضر من العناصر. وهو يتألف من جزيء عملاقالذي يتبخر دون ذوبان في

$1291^\circ C$. وهو خامل جدا. وثلاثي الهاليدات الأخرى تكون ديمر، ولها تركيب يشبه الكويري. فلوريد الألومنيوم/مجمعات المياه: عندما فلوريد الألومنيوم، ومعا في محلول مائي، بسهولة شكل أيونات معقدة هو أكثر استقرارا. وتفسير ذلك هو أن الفلوريد والألومنيوم، واللذان يعتبران أيونات متلاصقة، يتداخلوا مع بعضهم مباشرة ليكونوا مركب معقد هو ثماني ألومنيوم سداسي الفلورايد. عندما يكون الألومنيوم والفلورايد مجتمعين في الماء بنسبه مولاريه 6:1، يكون AlF_{6-3} أكثر صيغة شائعة، حتى عند نقص التركيزات نوعا ما.

المركبات العضوية – الفلزية للصيغة التجريبية AlR_3 تكون موجودة (اذا لم يكونوا جزيئات عملاقة) ويكونوا على الأقل ثنائية الجزيئات أو ثلاثية الجزيئات. لديهم بعض الاستخدامات في التخليق العضوي، على سبيل المثال. على سبيل المثال ثلاثي ميثيل الألومنيوم.

وجود الألومنيوم يمكن اكتشافه في التحليل النوعي باستخدام الألومنيون.

استخدام الألومنيوم:

الألومنيوم هو الأكثر استخداما من المعادن غير الحديدية. العالمية لإنتاج الألمنيوم في عام 2005 كان 31.9 مليون طن. وهو تعدى أي معدن اخر إلا الحديد (837.5 مليون طن). والالومنيوم النقي أخذ في الاعتبار فقط عنما كانت مقاومة الصدأ و/أو قابليته للشغل عليه أهم من القوة والصلابة. وهناك طبقة رقيقة من الألومنيوم يمكن أن تترسب على سطح مستوى بواسطة ترسيب البخار الفيزيائى أو (نادراً جداً) ترسيب البخار الكيميائى أو أي وسائل كيميائية أخرى لتكوين الطلاءات المرئية والمرايا. وعندما تترسب، فإن فيلم الألومنيوم النقي والجديد يستخدم كعاكس (حوالي 92٪) للضوء المرئي وعاكس ممتاز (فوق 98٪) للأشعة تحت الحمراء المتوسطة والبعيدة.

الألمنيوم النقي له قوة شد منخفضة، ولكن عند اختلاطه بمعالجة حرارية – ميكانيكية، فان سبائك الالومنيوم تظهر تحسن كبير في الخصائص الميكانيكية، خصوصا عندما تسخن. سبائك الألومنيوم من المكونات الحيوية من الطائرات

والصواريخ نتيجة لنسبة قوتهم العاليه إلى وزنهم. الألومنيوم يون سبائك على الفور مع العديد من العناصر مثل النحاس والزنك والمغنيسيوم والمنغنيز والسيليكون (على سبيل المثال (ديورالومين). اليوم، معظم المواد المعدنية التي يشار إلى انها قريبة جدا مثل الالومنيوم، هي فعلا السبائك. على سبيل المثال، عام الألومنيوم احباط ق هي سبائك من 92٪ إلى 99٪ من الألمنيوم. كما يستعمل الألمنيوم في البناء والإنشاء، وفي التجهيزات الكيمياوية المقاومة للائتكال (مصانع إزالة الملوحة)، وفي أجزاء السيارات المقولبة بالسبك، وفي الصناعة الكهربائية (خطوط نقل الطاقة)، وفي صنع ألواح الحفر الضوئي، والمغانط الدائمة، وفي التقانة القَرِّية cryogenic technology، وفي صنع الآلات وتجهيزاتها الملحقة، وفي مختلف تجهيزات الإجرائيات الغذائية، وأنابيب المراهم ومعاجين الأسنان والحلاقة وغيرها. ويستعمل الألمنيوم مسحوقاً في الدهانات والأطلية، ووقوداً للصواريخ، وأحد مكونات المزائج الحارقة (الترميت thermite) للحْم المعادن، ووسيطاً؛ وفي الخرسانة الرغوية، وممعدناً في الفراغ، وكساءً ورقائق في التغليف والطبخ والطبع الزخرفي؛ وقشوراً في عزل ضروب الوقود السائل.

بعض من استخدامات معدن الألومنيوم العديده في:

- النقل (العربات والطائرات والشاحنات، والسكك الحديدية والسيارات، والسفن البحرية، والدراجات وغيرها) كورقة، وأنابيب، والمسبوكات الخ.
- التعبئة والتغليف (علب، ورق فويل، وما إلى ذلك).
- البناء (النوافذ، الأبواب، والتحويلات، وأسلاك البناء، وما إلى ذلك).
- مجموعة كبيرة من الأدوات المنزلية، من أواني الطهي إلى مضرب البيسبول، والساعات {76}، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة (أبل).
- أعمدة إنارة الشوارع، وصارى السفن، وأقطاب المشي الخ.
- المستويات الخارجية من الإلكترونيات المستهلكة، وفي حالات المعدات أيضا مثل معدات التصوير.
- خطوط بث الكهرباء لتوزيع الطاقة.
- MKM الصلب ومغنطيسات وألنيكو.

- الألومنيوم فائق النقاء (99.980٪ 99.999٪ Al)، وتستخدم في مجال الإلكترونيات والأقراص المدمجة.
- المغاسل الحرارية للأجهزة الإلكترونية مثل الترانزستور ووحدات المعالجة المركزية.
- المادة الأصلية للمعدن الرئيسي تغطى النحاس بطبقة رقيقة تستخدم في شدة الاضاءة العالية لضوء LED.
- مسحوق الألمنيوم يستخدم في الطلاء، والصناعات النارية مثل وقود الصواريخ الصلبة والثيرميت.

مقارنة مع النحاس فان الالومنيوم يمثل نحو 65٪ من توصيل الكهرباء من حيث الحجم، على الرغم من 200٪ من حيث الوزن. عادة ما يستخدم النحاس كمادة في التوصيلات المنزلية. في 1960 كان الألومنيوم أرخص من النحاس، ولذلك كان يستخدم للوصلات الكهربائية في الولايات المتحدة، على الرغم من العديد من التركيبات لم تكن مصممة لقبول أسلاك الألمنيوم. ولكن في بعض الحالات زيادة معامل التمدد الحراري لأسلاك الألمنيوم يجعل السلك يتمدد وينكمش ارتباطا باتصال المعدن غير المتماثل، وفي النهاية يفقد الأتصال. أيضا، الألمنيوم النقي لديه ميل إلى الزحف المستمر تحت الضغط المستمر (لدرجة كبيرة كلما ارتفعت درجة الحرارة)، ومرة أخرى يفقد الاتصال. وأخيراً، فان الصدأ الجلفاني من المعادن غير المتماثلة يزيد من مقاومة كهرباء الاتصال.

كل هذا أدى إلى الحراره المرتفعة وفقد الأتصال، وهذا بدوره أدى إلى حرائق. بعد ذلك أصبح البنائون يخشوا من استخدام الأسلاك، والعديد من الهيئات القضائيه أقصرت استخدامه في أحجام صغيرة جدا في المنشاءات الجديدة في النهاية، فان الأثاثات الجديدة زودت باتصالات مصممة لتتجنب الفقد والحرارة العالية. الجيل الأول من الأثاثات عرفت ب"Al/Cu" ووجدت في النهاية مناسبة لسلوك التركيبات "كو" في نهاية المطاف وجدت مناسبة لسلوك النحاس المغطاة بالالومنيوم فقط، ولكن جيل الأثاثات الثاني والذي يتحمل تشفير "CO/ALR" عمل لأسلاك الألومنيوم غير المغطاة. ولكي يتكيف مع الأغراض الأقدم فان العاملين

قضوا على مشاكل التسخين عن طريق عقص سلك الألومنيوم إلى ضفيرة قصيرة من سلك النحاس. اليوم، السبائك الجديدة، والتصميمات، والطرق تستخدم لتمديد أسلاك الألومنيوم بالإضافة إلى إنهاء الالومنيوم.

مشتقات الألمنيوم الرئيسة:

ومن هذه المشتقات ما يلي:

أكسيد الألمنيوم أو الأُلمين: يوجد الأُلمين متبلوراً في الطبيعة فيعرف باسم الياقوت أو القُرُنْد corundum، ويتلون باللون الأحمر عندما يكون مشوباً بأكسيد الكروم فيسمى الياقوت الأحمر ruby، وتلونه بعض خلائط الأكاسيد التي يدخل فيها التيتانيوم باللون الأزرق معطية السفير sapphire. كما يصنع من مسحوقه حجر الصَّنْفَرة الشديد الصلابة والمستعمل في السحج والتمليس ويكون مميهاً في البوكسيت.

يمكن تحضير أكسيد الألمنيوم مسحوقاً أبيض أو كرات أو كتلاً، وتتغير خواصه باختلاف طريقة تحضيره، فتراوح كثافته النسبية بين 3.4 و4، وينصهر في الدرجة 20 - 30°س، وهو عديم الانحلال في الماء، وضعيف الانحلال في الحموض المعدنية والقلويات القوية، وغير قابل للاحتراق وغير سام.

ويُحصل عليه بمعالجة البوكسيت بالصودا الكاوي ثم يحلل الناتج تحليلاً مائياً فيترسب أكسيد الألمنيوم المميه أو هدرات الأُلمين التي تعطي أكسيد الألمنيوم اللامائي بالترشيح فالتكليس المزيل للماء. كما يُحضر من مياه فضلات مناجم الفحم التي تعطي كبريتات الألمنيوم التي ترجع بعدئذ إلى الأُلمين.

يطرح الأُلمين في الأسواق على درجات مختلفة من النقاء، فمنه التقني، والنقي كيمياوياً، والألياف، والعالي النقاء، والمصهور، والمكلس، ويعبأ في أكياس من الورق متعددة الأغلفة، كما يعبأ في براميل.

ومن أخطاره سمية غباره بالاستنشاق، ويكون من الخطر استنشاق هواء يزيد فيه غبار أكسيد الألمنيوم على 10مغ/م^3.

وهو يستعمل في إنتاج الألمنيوم، وفي صنع أحجار السحج واللبنات المقاومة للحرارة والخزف والعوازل الكهربائية وحاملات الوسطاء والورق والجفنات والأدوات المخبرية، وفي امتزاز (تمزُّز) الغازات وبخار الماء، وفي التحليل الاستشرابي والمجوهرات الصنعية والألياف المقاومة للحرارة.

هدروكسيد الألمنيوم: هدروكسيد الألمنيوم Al_2O_3 ,$3H_2O$ أو $Al(OH)_3$ مسحوق أبيض بلوري أو كرات أو حبيبات، كثافته النسبية 42.2، لا ينحل في الماء وينحل في الحموض المعدنية والصود الكاوي؛ وهو غير قابل للاشتعال.

يُحضر من البوكسيت بحل الخام في الصود الكاوي، ثم بتعديل محلول ألومينات الصوديوم الناتج فيترسب هدروكسيد الألمنيوم.

يُطرح هدروكسيد الألمنيوم في الأسواق على درجتين من النقاء: التقني والنقي كيمياوياً، وذلك في أكياس أو براميل أو من دون عبوات.

ويستعمل هدروكسيد الألمنيوم في صنع الزجاج والخزف والألمنيوم الخالي من الحديد، وأملاح الألمنيوم، وفي صنع الألُمين المنشط، وأساساً للكّات العضوية، ومؤخراً للهب؛ كما يستعمل مسحوقه الشديد النعومة (0.1 – 0.6 من المكرون) عاملَ تقوية للمطاط، وطلاءً للورق، ومالئاً، وفي مواد التجميل.

هلام هدروكسيد الألمنيوم: أو هلام الألُمين Al_2O_3,xH_2O وهو راسب هلامي أبيض تتغير ثوابته بتغير تركيبه؛ كثافته النسبية 2.4 تقريباً، لا ينحل في الحموض ولا في القلوي، وهو غير سام، وغير قابل للاشتعال.

يُحضر بمعالجة محلول كبريتات الألمنيوم أو كلوريد الألمنيوم بالصود الكاوي أو كربونات الصوديوم أو النشادر؛ ويرسب من محلول ألومينات الصوديوم بالتحميض بثنائي أكسيد الكربون عادةً أو بالبذر seeding.

يُطرح هلام الألُمين في الأسواق على درجات مختلفة من النقاء منها التقني والنقي كيمياوياً.

ويُستعمل مرسخاً في الصباغة، كما يستعمل في تنقية المياه، وفي صنع الأقمشة الكتيمة، وفي صنع اللّكات، ووسطاً مرشحاً، وفي صنع الكيمياويات (أملاح الألمنيوم)، وفي التراكيب المزلقة، وفي صناعة الزجاج، والورق اللاصق، وفي تلميع الخزف، ومضاداً للحموض.

شب البوتاس أو مضاعف كبريتات الألمنيوم والبوتاسيوم المتبلورة: صيغته $AlK(SO_4)_2,12H_2O$ ويكتب $Al_2(SO_4)_3,K_2SO_4, 24H_2O$، هو بلورات بيضاء عديمة الرائحة ذات طعم قابض، كثافته النسبية 1.75، ينصهر في الدرجة °92س، ويفقد في الدرجة °64.5س $18H_2O$، ويغدو لا مائياً في الدرجة °200س، وينحل في الماء ولا ينحل في الغول، ومحاليله المائية حمضية، وهو غير قابل للاشتعال وغير سام.

يُحضر شب البوتاس من الألونيت alunite أو اللوسيت leucite، أو ببلورة محلول من كبريتات الألمنيوم وكبريتات البوتاسيوم.

ويُطرح في الأسواق على درجات مختلفة من النقاء منها التقني والمكتّل والمجروش والمسحوق.

ويستعمل مرسخاً في الصباغة، كما يستعمل في صنع الورق وعيدان الثقاب والدهانات، ووسيطاً في الدباغة، ووسيطاً لمنع نفوذ الماء، وفي تنقية المياه، وفي صنع أملاح الألمنيوم، ومضافاً غذائياً، ومسحوقاً للعجين (خميرة)، ومادة قابضة، ومقسياً إسمنتياً.

كلوريد الألمنيوم اللامائي: صيغته $AlCl_3$، هو بلورات بيضاء أو مصفرّة تنحل في الماء، كثافته النسبية 2.44 في الدرجة °25س. ينصهر في الدرجة °190س (في ضغط 5.2 ضغط جوي)، يتصعد بسهولة في الدرجة °178س، ويتألف بخاره من جزيئات مضاعفة Al_2Cl_6.

يُحضـر بتفاعـل الكلـور الغـازي المنقـى بمصـهور الألمنيـوم، أو بتفاعـل البوكسيت مـع فحـم الكوك والكلور في الدرجـة 875° س تقريبـاً، ويشوبه كلوريـد الحديد والألمنيوم الحر ومواد أخرى غير منحلة.

وهو سام إذا أُخذ عن طريق الفم أو جهاز التنفس، كما أنه مخرش شديد للأنسجة، ويتفاعل بعنف مع الماء مطلقاً غاز كلور الهدروجين HCl.

يستعمل وسيطاً في ألْكلة البنـزن وكلوريـد الإتيـل والمـواد الصـيدلانية العضوية (وسيط فريدل . كرافتس) ومطاط البوتيل، وفي تكرير النفط، وفي تحضير راتنجات الفحوم الهدروجينية.

ويجـب أن تحمـل أوعيتـه عنـد شـحنه في الجـو رقعـاً كتبـت عليهـا كلمـة «أكّال».

هـدرات كلوريـد الألمنيـوم: صـيغته $AlCl_3,6H_2O$، هـو مسـحوق بلـوري متميـع أبـيض اللـون أو أبـيض مصـفر، وهـو عـديم الرائحـة تقريبـاً، وحلـو الطعـم، وطعمه قابض. كثافته النسبية 2.4، يتفكك بالتسخين، وينحل في الماء والغول.

يُحضر ببلورة الشكل اللامائي من محلوله في حمض كلور الماء.

ويطرح في الأسواق بأحد شكلين تقني ونقي كيمياوياً.

ويستعمل في صنع المواد الصيدلانية ومواد التجميل، والصبغات وحبيبات تغطية السقوف، والأوراق الخاصة والتصوير، والنسيج (الصوف).

سيليكات الألمنيوم: إن أياً من أنماط الغضار clay المتعددة التي تحتوي على نسب مختلفة من SiO_2,Al_2O_3 تحضَّر اصطناعياً بتسخين كلوريد الألمنيوم في الدرجـة $1000-1200^{\circ}$س مـع السـيليس وبخـار المـاء. تبلـغ بلوراتهـا سـنتمتراً واحـداً طولاً، وهي ذات متانة عالية، وتستعمل في تقوية اللِدان، كما أن لسيليكات الألمنيوم استعمالات الطين نفسها.

الومنيوم كبريتيت الأمونيا: $Al(NH_4)(SO_4)$، أمونيا الألومنيوم تستخدم كمادة حارقة، وفي تنقية المياه، ومعالجة مياه الصرف الصحي، وفي إنتاج الورق، وفي الأضافات الغذائية وفي صباغة الجلود.

استيات الألمنيوم هو ملح يستخدم في محلول كمادة قابضة.

بورات الألومنيوم ($Al_2O_3B_2O_3$) يستخدم في إنتاج الزجاج والسيراميك.

الألومنيوم بوروهيدريد $((BH_4)Al)_3$ يستخدم كمادة مضافة لوقود الطائرات النفاثة.

برونز الألومنيوم: $(CuAl)_5$.

كلوروهيدرات الالومنيوم: يستخدم كمزيل للعرق وفي علاج hyperhidrosis.

فوسفاتات الالومنيوم $AlPO_4$ تستخدم في تصنيع: الزجاج والسيراميك، عجينة ومنتجات الورق، مستحضرات التدجميل، الطلاءات، والورنيشات وفي صناعة طبقة الأسمنت المستخدمة في طب الأسنان.

كبريتات الالومنيوم يستخدم: في صناعة الورق، بوصفها محرق، في إطفاء الحريق، وتنقية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي، والمضافات الغذائية، ونيران، ودباغة الجلود.

أيونات الألومنيوم المائية (مثل الموجودة في كبريتات الألومنيوم المائية) تستخدم للعلاج ضد طفيليات الأسماك مثل Gyrodactylus salaris.

في العديد من اللقاحات بعض أملاح الألمنيوم تستخدم بمثابة تقوية للمناعة (تقوية الاستجابة المناعية) للسماح للبروتين في اللقاح ليحقق الفعالية الكافية كمنشط للمناعة.

سبائك الألومنيوم في التطبيقات الهيكلية:

هي سبائك – خلائط alloys تحتوي على معادن كالنحاس والسيليسيوم والمغنزيوم والزنك، وتوجد منها ضروب كثيرة جداً تستعمل في سبك المقولبات وتشكيل المنتجات باللحم والطرق والتصفيح والسحب، ويمكن معالجة بعضها حرارياً ولاسيما تقسيتها وتعتيقها. فالألمنيوم القاسي duralumin خليطة خفيفة عالية المقاومة. وهي تتألف من 95٪ من الألمنيوم و4٪ من النحاس و0.5٪ من المنغنيز 0.5٪ من السيليسيوم، وهي تقاوم التآكل بالحموض وبماء البحر، وقابلة للطرق وتكتسب بعد التقسية مميزات ميكانيكية مهمة، وتستعمل قطعاً للطائرات وعربات السكك الحديدية والسفن والآلات المختلفة.

وتحتوي السبائك «ألمنيوم – مغنزيوم» 4 – 8٪ من المغنزيوم و0.5–1٪ من المنغنيز (ومنها الألوماغ alumag والدورالينوكس duralinox والمغناليوم magnalium)، وهي تستعمل، لمقاومتها الائتكال بالماء والمنتجات القلوية، في صنع السفن والحافلات وقوارير الغاز. وبإضافة 5– 9٪ من الزنك يُحصل على سبائك تُستعمل في صناعة الطائرات. فالسبيكة – الخليطة ذات 3٪ من المغنزيوم و0.3٪ من المنغنيز ذات قابلية جيدة للطَرق لذا تستعمل في صنع عناصر هياكل المركبات.

وتستعمل خلائط الألمنيوم – سيليسيوم في السبك لأن الخلائط التي تحتوي على 13٪ من السيليسيوم تكون مغايرة التحول eutectic ذات نقطة انصهار منخفضة وقابلية سيلان جيدة. وقد شاع استعمال الخلائط التي تحتوي على 10– 13٪ من السيليسيوم و1.5٪ من النحاس حداً أقصى و0.2– 1.5٪ من المغنزيوم و0.3٪ من المنغنيز «ألباكس» alpax في صنع السيارات (كتل المحركات، وظروف الأجهزة أو أحواضها، والمكابس) وفي صنع التجهيزات الكهربائية، وفي قولبة القطع سواء منها المعقدة الأشكال أو الضخمة.

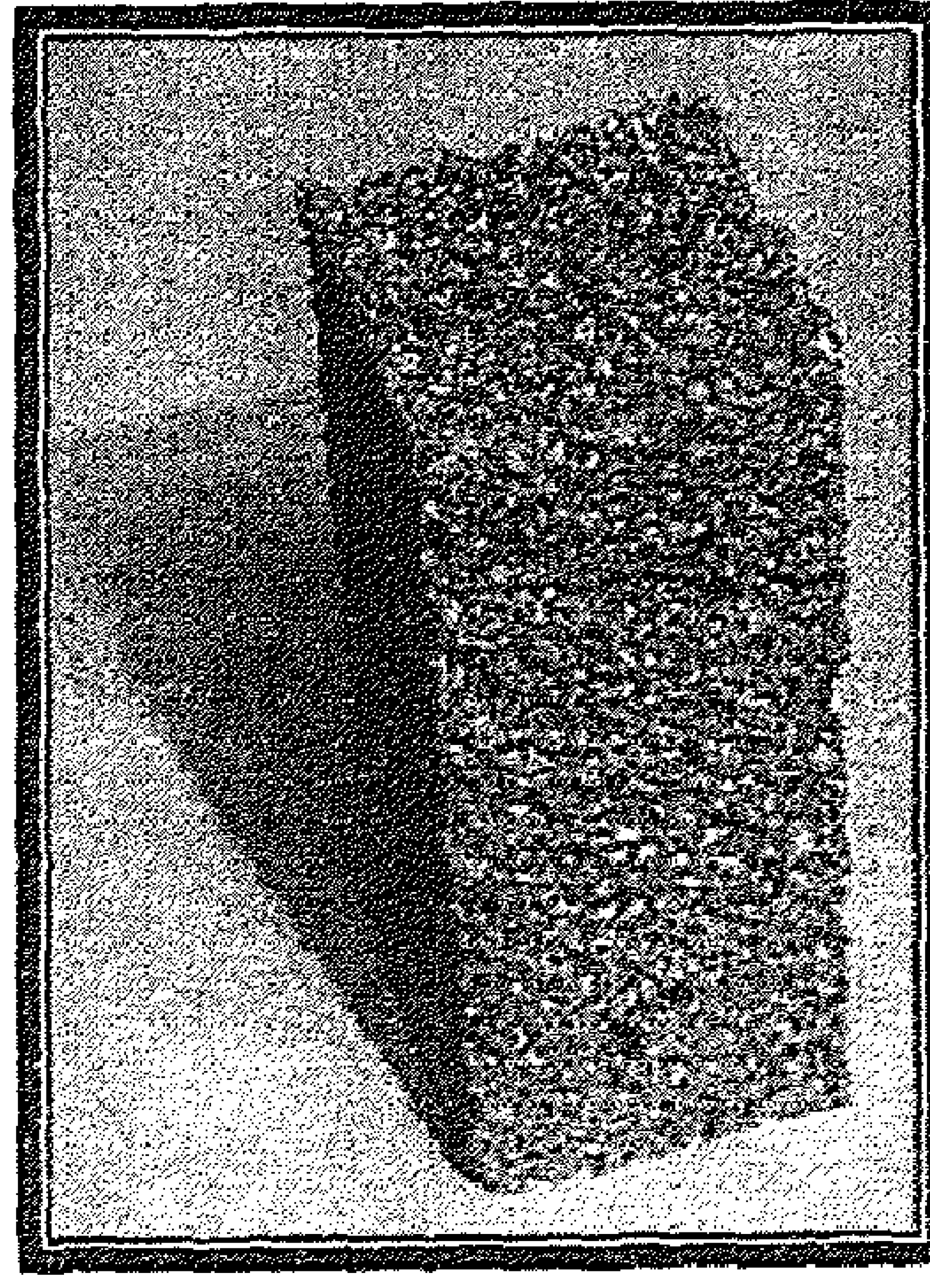
سبائك الألومنيوم مع خصائصها الكبيرة تستخدم في التراكيب الهندسية. أنظمة السبيكة تصنف برقم النظام (ANSI) أو بالاسماء التي توضح مكونات السبيكة الأصلية (DIN and ISO).

قوة ومتانة سبائك الألومنيوم تختلف اختلافا كبيرا، ليس فقط نتيجة لمكونات سبيكة محددة، ولكن أيضا نتيجة للمعالجات الحرارية وعمليات التصنيع. ونقص الخبرة في هذه الجوانب من وقت إلى وقت قادت إلى أشكال ذات تصميم غير صحيح وأعطت الألومنيوم سمعة سيئة.

وهناك حد هام في صناعة سبائك الألومنيوم هو قوة التعب.وعلى عكس الصلب، سبائك الألومنيوم ليس لها حدود معروفة في التعب، بمعنى فشل التعب يحدث في النهاية حتى تحت دورة تحميلات صغيرة. ويعني ذلك أن المهندسين يجب أن يقيموا هذه الأعباء ويصمموا لحياة مستقرة أفضل من حياة لانهاية لها.

هناك ميزة أخرى لسبائك الألومنيوم هي حساسيتها للحرارة. ومنتجين ورش العمل التي تتضمن التسخين يكونوا معقدين لحقيقة أن الألومنيوم (على العكس من الصلب) يذوب بدون أول احمرار متوهج.تكوين العمليات حيث يستخدم شعلة التفجير لذلك هذا يتطلب بعض الخبرة، حيث لا يوجد إشارات مرئية تدل عن مدى ذوبان المادة. سبائك الألومنيوم، شأنها شأن جميع السبائك الهيكلية، فهي تخضع لبعض الضغوط الداخلية بعد عمليات التسخين مثل اللحام والصب. المشكلة مع سبائك الألومنيوم في هذا الصدد هو انخفاض درجة الانصهار، مما يجعلهم أكثر عرضة للتشوهات من الضغط الناتج عند تعرضها للحرارة. يمكن السيطرة على الألومنيوم المتعرض لضغط أثناء التصنيع عن طريق معالجة هذه الأجزاء بالحرارة بوضعها في فرن، ونتبعها بتبريد تدريجيا—في الصلب المضغوط.

انخفاض درجة انصهار سبائك الألومنيوم لم يمنع استخدامها في صناعة الصواريخ حتى لاستخدامها في بناء غرف الاحتراق حيث يمكن أن تصل الغازات إلى 3500 ك. فإن المرحلة العليا من محرك Agena تستخدم تصميم الألومنيوم المبرد المتجدد لبعض الأجزاء من الخرطوم، ويتضمن ذلك درجة الحرارة الحرجة في منطقة الحنجرة.



أشكال الألمنيوم المتوافرة:

تطرح في الأسواق أشكال بنيوية من الألمنيوم من جميع الأنماط: صفائح وقضبان وأسلاك ورقائق وقشور ومسحوق، ويمكن طلي الألمنيوم بالتحليل الكهربائي بطبقة من أكسيد الألمنيوم بالتصعيد anodizing في متحلل بالكهرباء ملائم كمحلول حمض الكروم أو حمض الكبريت للحصول على ما يدعى الألمنيوم المُصَعَد anodized aluminium.

وكثيراً ما يسبك الألمنيوم مع معادن أخرى أو يُقْرَن ميكانيكياً بألياف البور والسفير sapphire أو بشعيرات بلورية معدنية موجهة محورياً. وقد تم بذلك الحصول على متانات بلغت 3743 كغ/سم^2 في درجة 500°س. وتستعمل تقنية توضع البخار لتكوين غشاء من الألمنيوم على التيتانيوم والفولاذ يراوح ثخنه بين 5 و25 مكروناً.

أخطار الألمنيوم:

يكوّن المسحوق الناعم للألمنيوم خلائط لهوبة ومنفجرة في الهواء، لذلك لا يسمح باحتواء الهواء على أكثر من 10مغ من المسحوق في المتر المكعب، كما لا يسمح باحتواء الهواء على أكثر من 2مغ من أملاح الألمنيوم الحلولة.

على الرغم من وفرته في الطبيعية، فان الألمنيوم، لا يوجد له وظيفة معروفة في الخلايا الحية كما أن له بعض الآثار السمية عند وجوده بتركيزات مرتفعة

وتعزى سميته إلى ترسبه في العظام والجهاز العصبي المركزي، والذي يزيد خصوصا في المرضى الذين يعانون من نقص في وظائف الكلى. ولأن الالومنيوم ينافس الكالسيوم في الامتصاص، فان زيادة الكميات من الألومنيوم الغذائي يمكن ان يساهم في تقليل معادن الهيكل العظمي (osteopenia) والتي تلاحظ في الرضع مبكري الولادة والاطفال الذين لديهم تأخر في النمو. في الجرعات العالية جدا، فان الالومنيوم يمكن أن يسبب السمية العصبية، وهو متعلق بتغيير وظيفة حاجز الدماء بالمخ. نسبة صغيرة من الناس لديها حساسية من الالومنيوم واكزيما الاحتكاك، واضطرابات الهضم، والقئ أو أي اعراض أخرى عند ملامستهم أو حقنهم بأي منتج يحتوى على الالومنيوم، مثل مزيلات الروائح أو مضادات الحموضة. ولهؤلاء الذين لايوجد لديهم حساسية، فان الالومنيوم يكون غير سام مثل المعادن الثقيلة، ولكن هناك دلائل ببعض السمية إذا استهلك بكميات مفرطة. وعلى الرغم من أن استخدام الالومنيوم في تجهيزات المطابخ لم يثبت انه يؤدى إلى انه سام عموما، فان الكميات المفرطة من استهلاك مضادات الحموضة التي تحتوى على الالومنيوم والاستخدام المفرط أيضا لمزيلات العرق التي تحتوى على الالومنيوم تزود بشكل ملحوظ من مستويات التعرض للأمراض. وقد أظهرت الدراسات أن استهلاك الأطعمة الحامضية أو السوائل المحتوية على الألومنيوم تزود بشكل ملحوظ امتصاص الالومنيوم وأوضحت الدراسات انها تزود ترسب الالومنيوم في الاعصاب والنسيج العظمي. وعلاوة على ذلك، يزيد الألومنيوم من التعبير عن الجين المسؤول عن هرمون الاستروجين في خلايا الثدى السرطانية في النسان التي تزرع في المعمل. هذه التأثيرات التي تشبه الاستروجين تقود إلى تصنفيها كاستروجين معدني metalloestrogen.

ولما له من آثار سمية محتملة، فان استخدام الألومنيوم في بعض مضادات العرق، والأصباغ (مثل بحيرة الألومنيوم)، والإضافات الغذائية يكون مثير للجدل. على الرغم من وجود أدلة كافية على أن التعرض الطبيعي للألمنيوم يمثل خطرا صحيا على البالغين، فان هناك دراسات عديدة اشارت إلى المخاطر المتعلقة بزيادة نسبة التعرض إلى المعدن. الألمنيوم في الطعام يمكن أن يمكن ان امتصاصه أكثر من

الألومنيوم من المياه. بعض الباحثين عبروا عن قلقهم بأن الألمنيوم الموجود في مضادات العرق يمكن ان يزيد من خطورة حدوث سرطان الثدي، وهو في مجال للجدل أيضا انه له علاقة بمرض الزهايمر.

ووفقا لجمعية مرض الزهايمر، فان الرأي الطبي والعلمي الغالب أن هذه الدراسات لم تقوم باقناعهم بوجود علاقة سببية ظاهرة بين الالومنيوم ومرض الزهايمر. ومع ذلك، فإن بعض الدراسات استشهدت بأن التعرض للالومنيوم يعتبر عامل من عوامل الخطورة المسببة مرض الزهايمر، كما وجد ان بعض من الصفائح الدماغية يزيد فيها نسبة المعدن. البحث في هذا المجال لم يكن حاسم؛ تراكمات الألومنيوم قد يكون نتيجة للمرض وليس المسبب. وعلى أي حال، إذا كان هناك أي سمية الألومنيوم، فانها يجدب ان تكون عبر آلية محددة للغاية، حيث أن نصيب الإنسان من التعرض لهذا العنصر في وجوده الطبيعي في الطين في التربة والغبار تكون كبيرة جدا تفوق مدى الحياة. وبالاجماع العلمي فإنهم لم يثبتوا حتى الآن هل يمكن ان يؤثر التعرض للالومنيوم مباشرة على زيادة الخطورة من الاصابة بمرض الزهايمر.

8

الفصل الثامن

الزجاج

الزجــاج GLASS

الزجـاج مـادة عديمـة اللـون تصنـع أساسـا مـن السـيليكا المصهور في درجـات حـرارة عاليـة مـع حمـض البوريـك أو الفوسـفات. والزجـاج يوجـد في الطبيعـة كمـا يوجد أيضا في المواد البركانية التي تسمى الزجاج البركاني أو المواد التي تنشأ من النيـازك. ولـيس الزجـاج صـلبا ولا سـائلا وإنمـا يكـون في حالـة خاصـة تظهـر فيهـا جزيئاته بشكل عشوائي، ولكن بحيث يوجد تماسك كاف لإحداث اتحاد كيميائي بينهـا. وعندما يـتم تبريـد الزجـاج يصل إلى حالتـه الصلبة ولكـن بـدون تبلـور، ومـع تعريضه للحرارة يتحول الزجاج إلى سائل. وعـادة مـا يكـون الزجاج شـفافا ولكنه قـد يكون غير شفاف أو نصف شفاف أيضا، ويختلف لونه تبعا لمكوناته.

ويكـون الزجـاج المصـهور كاللـدائن بحيـث يمكـن تشـكيله باسـتخدام عـدة تقنيات. ومن الممكن تقطيع الزجاج عندما يكون باردا. وفي درجات الحـرارة المنخفضة يكـون الزجـاج هشـا وينكسـر. ولمثـل هـذه المـواد الطبيعيـة كالزجـاج البركـاني والتيكتيت مكونات وخصائص تشبه الزجاج الصناعي.

والمكونـات الأساسـية للزجـاج هـي السـيليكا المشـتقة مـن الرمـل والصـوان والكـوارتز. وتصـهر السـيليكا في درجـات حـرارة عاليـة جـدا لإنتـاج زجـاج السـيليكا المصهور. ويتم إنتاج أنواع مختلفة من الزجاج باتحاد السيليكا مع مواد خام أخرى بنسـب مختلفـة. وهنـاك مركبـات قلويـة مثـل كربونـات الصـوديوم وكربونـات البوتاسيوم تقلل من درجة حرارة الصهر ولزوجة السيليكا. وينصهر الزجاج عادة عند درجة حرارة عالية ولا يتمدد أو ينكمش بدرجة كبيرة مع تغير درجات الحرارة، ومن ثم يكون مناسبا لإنتاج الأدوات التي تستخدم في المعامل والأشياء التي تكون عرضة للصدمات الحرارية مثل مرايا التليسكوب. ويعتبر الزجاج موصلا رديئا لكل من الحرارة والكهرباء ومن ثم فإنه مفيد للعوازل الكهربية والحرارية.

وتشير الدلائل إلى أن مكتشف الزجاج بحار فينيقي سوري اكتشف الزجاج بعد عودته من رحلة تجارية في البحر المتوسط وبعد عودته إلى الساحل السوري إلا أراد إن يطهو الطعام هو ومن معه فوضع تحت موقد النار بالصدفة قطعة من النيتر

(مركب الصوديوم) فتفاعلت هذه القطعة مع لهب النار وامتزجت بالرمل الناعم على الشاطئ وشاهد البحار (سائل لزج) ولفت نظر البحار الذي وجد أن هذا السائل قد تحول إلى مادة شفافة وهو الزجاج الذي قام بتطوير صناعته الفينيقيون واشتهر بعد ذلك، قدماء المصرين استخلصوا الزجاج لأول عام 1600 سنة قبل الميلاد.

وكانت صناعة الزجاج محدودة وغامضة ومقتصرة على الكهنة والسحرة. فلقد كانت الأواني والقطع الزجاجية تعتبر مجوهرات وتحف زجاجية نادرة يمتلكها الأغنياء. انتقلت صناعة الزجاج من مصر وسوريا إلى الدول الرومانية حيث ازدهرت في عهدها تلك الصناعة، وبعد ذلك ازدهرت في العصر الإسلامي، ثم انتقلت إلى البندقية ومنها إلى فرنسا وألمانيا وإنجلترا.

لقد تم تحضير الأدوات الزجاجية في بادئ الأمر بطريقة النفخ وفي مطلع القرن الحالي اكتشفت الآلات الاتوماتيكية في صناعة الأدوات الزجاجية.

ويعود تاريخ صناعة الزجاج إلى عام 2000 قبل الميلاد. ومنذ ذلك الحين، دخل الزجاج في أغراض عديدة من حياة الإنسان اليومية. فتم استخدامه في صناعة الآنية المفيدة والمواد الزخرفية ومواد الزينة بما في ذلك المجوهرات. كما كان له تطبيقاته الصناعية والمعمارية. ولقد كانت أقدم المواد الزجاجية عبارة عن خرزات حيث لم يتم التوصل إلى الآنية المجوفة حتى عام 1500 قبل الميلاد.

ويعتبر الصناع الآسيويون هم أول من أرسى صناعة الزجاج، ومنهم انتقلت الصناعة إلى مصر حيث ترجع أول آنية زجاجية إلى حكم تحتمس الثالث (1504 – 1450 قبل الميلاد). وقد ظلت صناعة الزجاج منتعشة في مصر حتى حوالي عام 1200 قبل الميلاد ثم توقفت فعليا لعدة قرون من الزمان. وفي القرن التاسع قبل الميلاد، ظهرت كل من سوريا والعراق كمراكز لصناعة الزجاج، وامتدت الصناعة عبر منطقة البحر المتوسط. وفي العصر الإغريقي، اضطلعت مصر بدور رئيسي في تزويد القصور الملكية بالزجاج الفخم حيث كان يصنع في الإسكندرية. وفي القرن الأول قبل الميلاد، تم التوصل إلى عملية نفخ الزجاج في سواحل فينيقيا. وفي العصر

الرومـاني، كانـت صـناعة الزجـاج منتشـرة في منـاطق متعـددة مـن الإمبراطوريـة الرومانية.

وابتكر المسلمون التزجيج، وما زالت روائع من أعمالهم في التزجيج باقية في واجهات المساجد والجوامع، وكذلك في الأبنية الأثرية إضافة إلى ما هو محفوظ في المتاحف العالمية.

ولقد استخدمت الأصباغ المعدنية في هذه الصناعة الفنية، فلم تتأثر بالتقلبات الجوية، ولم تؤثر فيها حرارة الشمس المحرقة طوال مئات السنين الماضية.

وعرف علماء المسلمين البللور وهو الزجاج الممتاز (الكريستال بحسب التعريف الكيماوي الحديث) الذي يحتوي على نسب مختلفة من أكاسيد الرصاص، وصنعوه بإتقان، وعرفوا منه نوعا طبيعيا. وما زال يستعمل – كما استعمله المسلمون من قبل – في صناعة الأقداح والأواني والثريات، وكذلك في صناعة الخواتم وأدوات الزينة وكثير من الأدوات المنزلية. وصنعوا منه نظارات العيون، وكانوا يسمونها منظرة،ومن العالم الإسلامي انتقلت صناعة الزجاج إلى أوروبا عندما أنشأ فنيون مصريون مصنعين للزجاج في اليونان، ولكن المصنعين حطما في عام 544 هـ/1147 م، عندما اجتاح النورماديون مدينتهم ففر الفنيون إلى الغرب، مما ساعد على النهضة الغربية في مجال صناعة الزجاج في العصور الوسطى. كما فر أيضا بعض الفنيين من دمشق إلى الغرب إبان اجتياح المغول للعالم الإسلامي. هذا بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بصناعة الزجاج التي أخذها الأسرى الأوربيون من المسلمين أثناء الحروب الصليبية. وقد تجمعت أسرار هذه الصناعة مع الفنيين في فينسيا واحتُكرت صناعة الزجاج في أوروبا حتى القرن السابع عشر عندما علمت فرنسا بالتقنيات المطلوبة وأسرارها، وانتقلت إليها صناعة الزجاج وأصبحت أهم مراكزها في العالم.

الخصائص العامة للزجاج:

يطلق الزجاج على المواد الشفافة التي تشبه بنيتها بنية السوائل وصلابتها في الدرجة العادية من الحرارة تعادل درجة صلابة الأجسام الصلبة. لا يحتوي

الزجاج في حالته الصلبة أو السائلة على بلورات ولايمكن تحديد درجة انصهاره لانه يتحول من الحالة الصلبة إلى السائلة مارا بمرحلة الليونة التي تمتاز بدرجة لزوجة عالية.

ومن أهم خصائص الزجاج:

- الشفافية:يمتاز الزجاج بشفافية صافية متجانسة، تمر من خلاله جميع الأشعة الضوئية من فوق البنفسجية إلى تحت الحمراء، كما أن للزجاج القدرة على عكس وكسر الضوء ويتراوح معامل انكسار الزجاج بين (1.467 – 2.179) ويكون معامل الانكسار في زجاج الرصاص أكبر ما يمكن.
- الصلابة: الزجاج جسم هش سريع التحطم لا يتغير شكله عند الضغط أو الصدمة وتعرّف قساوة الزجاج بأنها قدرته على مقاومة الخدش أو الاحتكاك. وتختلف صلابة الزجاج باختلاف تركيبه حيث تعمل زيادة نسبة الجير والسيليكا على زيادة قساوته.
- مقاومته للمواد الكيميائية: يقاوم الزجاج بشكل عام المحاليل الكيميائية عدا حمض الفلوردريك والمصهرات القلوية التي تحل الزجاج بسهولة. ويؤثر الماء على الزجاج بعد تماسه لفترة طويلة.

مكونات الزجاج:

تقسم المواد الخام الأولية المستخدمة في صناعة الزجاج إلى قسمين رئيسين هما:

أولا:المواد الأساسية وتضم:

1. **الرمل أو السيليكا:** يشكل حمض السيليكون المادة الأساسية التي يصنع منها الزجاج العادي ونحصل عليه من الرمل ولا يستخدم رمل الكوارتز نظرا للصعوبات وارتفاع كلفة التحضير للصناعة.

ويشترط في الرمل المستخدم أن يحتوي على نسبة عالية من أكسيد السيليكون تصل إلى 80٪ وان تكون نسبة الشوائب قليلة خاصة الملونة مثل مركبات الحديد.

2. **مركبات الصوديوم** حيث يعمل أكسيد الصوديوم على تقليل درجة الانصهار ويساعد في تشكيل الزجاج.
3. **الكلس والدولوميت**: حيث يساعد أكسيد الكالسيوم على تصليب الزجاج.
4. **الفلدسبار**: يستخدم بشكل كبير لوجوده بشكل نقي كما انه رخيص الثمن وينصهر بسهولة.
5. **البوراكس**: يحتوي على أكسيدي الصوديوم والبورون حيث أن هذه المادة تنصهر بشكل جيد وتقلل من معامل تمدد الزجاج. ولذلك نجد أن الزجاج الحاوي نسبة كبيرة من أكسيد البورون لا ينكسر إذا سخن أو برد فجأة.

ثانيا المواد الثانوية:

وتضم المواد التي تضاف لتحسين نوعية الزجاج كالمواد الملونة ومسرعات الانصهار والشفافية مثل أكسيد الرصاص وأكسيد التيتانيوم وأكسيد الباريوم.

صناعة الزجاج:

تمر صناعته بأربعة مراحل هي:

1. **الصهر**: حيث تكون المواد الأولية قد حضرت على شكل بودرة أو حبيبات وتمزج مع بعضها البعض بنسب وزنية معينة ثم تدخل إلى الأفران الخاصة ومن الأمثلة على هذه الأفران:

أ. فرن الجفنة: وتبلغ سعته 2 طن من المواد الأولية ويستعمل لإنتاج أنواع معينة من الزجاج مثل زجاج البصريات والزينة.

ويصنع هذا الفرن من الصلصال أو البلاتين ولكن الصلصال قد ينصهر جزء منه أثناء صهر الزجاج وبالمقابل البلاتين أغلى ثمنا.

ب. فرن الحوض:وهو عبارة عن حوض مصنوع من القرميد الناري ويتسع ل 1500 طن من المواد الخام.

2. **التشكيل**: يبرد مصهور الزجاج ببطء حتى يصل إلى مرحلة التشكيل بالدرجة المطلوبة، يتم التشكيل بإحدى طريقتين:

أ. النفخ والتشكيل اليدوي: يصب المصهور في القالب ويتم النفخ إما بالفم أو بالمنفاخ.

ب. النفخ أو التشكيل الآلي: حيث تتم عملية صب المصهور والنفخ آليا . ويجب أن تتم عملية التشكيل في وقت قصير جدا حيث يتحول الزجاج خلال ذلك من عجينة إلى مادة صلبة.

3. **التهذيب أو التبريد**: وهي عملية تبريد الزجاج ببطء لتجنب تشققه وتكسره وتلافي تكوّن مناطق ضعف في الأدوات الزجاجية بعد تشكيلها،وتتم هذه العملية بوضع الأدوات الزجاجية في فرن التبريد على درجة حرارة تتراوح بين 400 – 600 م لفترة زمنية كافية ثم تبرد تدريجيا إلى الدرجة العادية من الحرارة وفرن التبريد عبارة عن قشاط معدني طوله 15 – 75 متر وعرضه 1 – 5 أمتار ويسخن الفرن كهربائيا أو بالمحروقات السائلة .

4. **الإنهاء**: يتم في هذه المرحلة تنظيف الأدوات الزجاجية وصقلها وقطعها وتصنيفها.

مراحل صناعة الزجاج:

1. تحضير المواد الخام والمواد الأولية:

الرمل يؤخذ من مستودعه إلى أجهزة السيليكونات لفصل القسم الخشن عنه وتخفيض نسبة شاردة الحديد فيه ليلقى في مرشح أولي ومن ثم لمستودع المواد الأولية الجاهزة. أما الكربونات فتؤخذ من مستودعاتها الأولية إلى الكسارات التي تحولها بعد عملية سحق قاسية إلى غبار كلسي.

2. وزن المواد الأولية وخلطها وتلقيمها بالفرن:

تتم عملية الوزن عادة لكل مادة على انفراد بحيث يتم التفريغ في مجمع ضخم يستوعب الخلطة كاملة ليصار إلى إجراء عملية الخلط والمزج على كامل كتلة الخلطة ولتذهب بعدها وعلى سيور ناقلة إلى فرن الصهر.

3. **إجراء عملية الصهر:**

لقد تم اعتماد نوعين من الأفران في صناعة الزجاج هما أفران القدر وأفران الصهاريج.

يتم تزويد المواد الأولية بصورة مستمرة وعلى دفعات منها:

300 كغ رمل – 105 كغ كربونات الصوديوم – 45 كغ كلس.

2 كغ أكسيد الزرنيخ. 30 كغ كبريتات الصوديوم.

3 كغ فحم ناعم. 150 كغ كسارة. 15 كغ ماء.

وبعد تمام انصهار الخلطة تبدأ عملية سحب الزجاج لتبدأ عملية تشكيله وفق ما نرغب وبحسب ما تكون الخلطة زجاج مسطح أم قوارير .

4. **مرحلة الشي:** بعد أن تم **تشكيل** الزجاج تؤخذ النواتج من جديد لتتعرض لدرجات حرارة عالية ومن ثم ليتم تبريدها ببطء شديد كي لا تتعرض لأي إجهاد حراري وبحيث تصبح جاهزة للعمليات النهائية من صقل وشحذ وزخرفة لتلي عملية الزخرفة هذه التي تتم بمطابع خاصة عملية شي نهائية ترفع من مقاومة مواد الطبع.

رمال الزجاج:

تعتبر رمال الزجاج من أهم المواد التي تدخل في الصناعة حيث تتكون أساساً من معدن الكوارتز(SiO_2) ويجب أن تتميز رمال الزجاج بدرجة عالية من النقاوة ويكون لونها الأبيض لاحتوائها على نسبة ضئيلة جداً من المواد الملونة مثل أكسيد الحديد والكروم والتيتانيوم.

من الطرق الشائعة لتصنيع الزجاج هي خلط كمية كبيرة من الرمل مع كميات قليلة من الجير والصودا وتسخينة حتى يصبح كتله من السائل عالي اللزوجة، يتم بعدها تشكيله بطريقة معينة ومن ثم يبرد ليكون زجاجا .

ويعتبر زجاج الصودا والحجر الجيري (الزجاج المسطح) هو الزجاج الأكثر شيوعاً واستخداما في العالم، بحيث تبلغ نسبه هذا النوع من الزجاج أكثر من (90٪) من إجمالي الزجاج المستخدم في العالم. أما زجاج البوروسيليكات وهو ما يسمى بزجاج البايركس والكيموكس فهو يتكون من (80٪) من السيليكا و(4٪) من القلويات و(2٪) من الألمونيوم و(13٪) من أكسيد البوريك. وهذه النسب تعطي هذا النوع من الزجاج ثلاث أضعاف قوة زجاج الصودا والحجر الجيري.

أما زجاج السيليكا المنصهر فهو يتكون من (100٪) من السيليكا وهو يعتبر من الزجاج العالي التكلفة وهو مقاوم للصدمات.

وأهم خاصيه للزجاج من ناحيه تصنيعه هي لزوجته والتي تتعلق بدرجات الحرارة، لذا فإن زجاج السيليكا النقي له لزوجه عالية ويحتاج إلى حرارة عالية جداً للتخلص من الفقاعات الموجودة فيه. وهذا الشيء يجعل من صناعة زجاج السيليكا النقي مكلف جداً. لذا ولأسباب علمية يلزم إضعاف زجاج السيليكا لكي يسهل تصنيعه بشكل إقتصادي. وأن اكسيدات المعادن القلوية هي خير وسيلة لتحقيق ذلك.

ويكمن السر في ذلك بأن كل ذرة سيليكون ترتبط بأربع ذرات فقط من الأكسجين، وأن أي ذرات إضافيه من الأكسجين تعمل على خلخلة التشكيل المتماسك والقوي والمكون من سيليكون – اكسجين – سيلكون. لذا أصبح من السهل علينا تغيير تركيب زجاج السيليكا وجعله أكثر تحركاً، وذلك باستخدام أكسيدات المعادن القلوية.

وتعتبر أكسيدات المعادن القلوية من أهم عوامل الصهر المستخدمة في صناعة الزجاج، وأكثر هذه الأكسيدات استخداما هي الصودا التي تعتبر أرخصها ثمنا، وقد استخدمت أكسيدات معادن قلوية أخرى لهذا الغرض مثل (البوتاسيوم والليثيوم... الخ).

المركبات الموازنة في الزجاج:

هنــاك عناصــر ومركبــات كيميائيــة ضــرورية موازنــة في عمليــة تصــنيع الزجاج بأشكاله وأنواعه المعروفة بحسب الاستخدام، من أهمها:

1. الجير: يستخدم كمحلول مائي لتصنيع الزجاج. ويستخدم جير الكالسيوم والدولوميت بكميات كبيرة مع الرمل وكربونات الصوديوم والمصابيح الكهربائية.
2. أكسيد الرصاص: يعتبر من المكونات الرئيسية لأنواع الزجاج الظراني الذي يتميز بمعامل انكسار عال، وعادة ما تشتمل على نسبة كبيرة من البوتاس (يعطي الزجاج بريقاً ولمعاناً وفي نفس الوقت مقاوم للكهرباء والحرارة).
3. أكسيد البوريك: يخفض من درجه لزوجه السيليكا دون أن يزيد من تمددها الحراري، ومع إضافه كمية قليلة من اكسيد الألمونيوم يحافظ على شفافية الزجاج، ويجعله أكثر مقاوما للحرارة (البايركس)، وهي تستخدم في صناعة أدوات المخابز وأجهزة المختبرات والأنابيب الصناعية لقدرتها على مقاومة التغيرات المفاجئة في درجات الحرارة وتحملها للتأثيرات الكيميائية.
4. أكسيد الألمونيوم والجير: يستخدم هذا الخليط بنسبة كبيرة في الزجاج مع (10٪) من أكسيد البوريك وقليل من القلويات لصناعة الزجاج الليفي.

التركيب الكيميائي للزجاج:

لا يخضع تركيب الزجاج إلى الروابط الكيميائية وإنما يتألف من مجموعة من الأكاسيد المعدنية.

تفاعلات تشكل الزجاج الكيماوية:



$$2CO_2 + Na_2O.CaO.6SIO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + CaCO_3 + 6SIO_2$$

والتفاعلات الجارية هي:



1) $Na_2CO_3 + aSIO_2 \longrightarrow Na_2O\ .\ aSIO_2 + CO_2$



2) $CaCO_3 + BSIO_2 \longrightarrow CaO.BSIO_2 + CO_2$



3) $Na_2SO_4 + aSIO_2 + C \longrightarrow Na_2O.aSIO_2 + SO_2 + CO$

تلوين الزجاج:

يعود سبب ظهور الزجاج بلون ما إلى وجود مجموعات معدنية ملونة على شكل ايونات فيه. فمثلا يتلون الزجاج باللون الأصفر أو البني بوجود ايون الحديد الثلاثي ويمكن تحويل اللون الأخضر في الزجاج إلى الأصفر بإضافة ثاني أكسيد المنغنيز.

تصنع الأحجار الكريمة الصناعية بإضافة مساحيق المعادن الثمينة كالنحاس والذهب إلى مصهور الزجاج حيث تشكل تلك المعادن مع الزجاج محاليل غروية.

أنواع الزجاج:

1. البيركس: يقاوم الحرارة فعند تسخينه لا ينكسر نظرا لصغر معامل تمدده بسبب احتوائه على نسبة عالية من أكسيد البورون وتصنع منه الصحون وكاسات الشاي وزجاجيات المختبرات.
2. الزجاج القاسي سيليكا 96: يمتاز بصغر معامل التمدد وارتفاع درجة انصهاره.
3. الزجاج الصواني: يحتوي على نسبة كبيرة من أكسيد الرصاص ويلين بالتسخين ويستعمل في الأجهزة البصرية والمجوهرات الصناعية.

وهناك نوع آخر من الزجاج الصواني يحتوي على نسبة كبيرة من أكسيد البوتاسيوم وهو غير ملون وصاف ويستعمل في الأجهزة الكهربائية لانه رديء التوصيل للكهرباء.

4. الألياف الزجاجية: هي عبارة عن خيوط أو ألياف زجاجية وتتم صناعتها بإمرار المصهور الزجاجي على شبكة بلاتين مسخنة كهربائيا بشكل مستمر حيث تنتج خيوط زجاجية تلف حول اسطوانة تدور بسرعة.

وتستعمل هذه الألياف الزجاجية:كمادة عازلة للحرارة وفي صناعة الملابس الواقية من الحريق.

5. الزجاج الضبابي غير الشفاف: يصنع بإضافة مواد (تكون دقائقها في الحالة الغروية) إلى مصهور الزجاج حيث تبقى الدقائق عالقة لدى تبريد الزجاج وتجعله ضبابيا لأنها تنشر الضوء وتفرقه وذلك اختلاف معامل انكسارها عن معامل انكسار بقية الزجاج.

تصنيف حسب الإستعمال:

1. زجاج الإنشاءات مثل زجاج النوافذ والأبواب والسيارات.
2. زجاج الآنية مثل زجاج القناني والأدوية.
3. زجاج البصريات مثل العدسات والمجاهر والتلسكوبات.

أنواع مختلفة من الزجاج:

- الزجاج العائم:

ان مصطلح الزجاج العائم يرجع إلى طريقة التصنيع التي بدأت في بريطانيا بواسطة شركة الستير بيلكنجتون في عام 1959 والتي بواسطتها يتم تصنيع 90٪ من الزجاج المسطح. المواد الأولية مثل الصودا،السيليكون، الكالسيوم، اكسيدالصودا والمغنيسيوم توزن جيدا ثم تخلط وتوضع في فرن حرارته 1500 سيليزية. الزجاج المداب يتدفق من المصهر إلى حوض به مادة التن المدابة. العجيب ان عجينة الزجاج ومادة التن لا يختلطان ويصبح الجزء الملامس لمادة التن من الزجاج مستقيما تماما. وعندما يخرج الزجاج بعد ان يبرد قليلا من الحوض يوضع في مبردة حتى يبرد ويصبح بنفس برودة الجو.

- الزجاج المظلل:

هو عبارة عن زجاج مسطح شفاف يدخل في مكوناته اصباغ من اجل اكسابه خواص التظليل وامتصاص اشعة الشمس. هدا النوع من الزجاج يقلل من اختراق اشعة الشمس لزجاج المباني. الزجاج الملون جزء مهم في التصميم المعماري والمظهر الخارجي للمباني. كما انه يتم استخدامه في الديكور الداخلي مثل الابواب واطراف السلالم والمرايا.

- الزجاج المزدوج:

هو عبارة عن طبقتين من الزجاج العازل بينهما منطقة فارغة مغلقة باحكام. من أهم فوائد الزجاج العازل توفير الشفافية التامة وتقليل الفقد الحراري والذي يؤدي الى تقليل استهلاك الكهربائي.

- الزجاج المقوى:

عبارة عن نوع من الزجاج المسخن او المقوى بالحرارة. احدى اوجه هذا النوع من الزجاج يكون مغطى اما بالكامل او جزئيا بواسطة احدى انواع المعادن. وبالاضافه للدور الجمالي الذي يلعبه هذا النوع من الزجاج فإنه يتحكم بدخول أشعة الشمس. يستخدم هذا النوع من الزجاج في العزل الحراري وتغطية الاسقف.

- الزجاج المرشوش بالرمل (المفشى):

هذا النوع من الزجاج يصنع بواسطة رش الرمل بسرعة عالية على سطح الزجاج. هذه العملية تقلل من شفافية الزجاج وتعتبر افضل من عملية جك الزجاج. في هذه العملية يتم يغطية الاجزاء التي يراد ان تبقى شفافة ويتم رش الرمل على الاجزاء الاخرى. تأثير هذه العملية على شفافية الزجاج يعتمد على قوة الرش ونوعية الرمل المستخدم. هذا النوع من الزجاج يستخدم للاغراض المنزلية والتجارية على سبيل المثال الابواب وابواب الحمام والاثاث والفواصل والزجاج الداخلي.

- الزجاج المقوس:

هو عبارة عن زجاج عادي مقوس بطريقة خاصة. يمكن استعماله في الأماكن الخارجية مثل الشرفات ووجهات المحلات. كما انه يتم استخدام هذا النوع على نطاق واسع ابواب الحمامات والثلاجات والخزائن.

- الزجاج العاكس:

زجاج عادي مغطى بطبقة رقيقة من المعادن لتقليل أثر الشمس. استخدام المعادن يعطي الزجاج خاصية عدم الشفافية من جهة الطبقة حيث لايمكن للشخص ان يرى من خلال الزجاج.

- زجاج المرايا:

يستخدم هذا النوع في صناعة المرايا التي نستخدمها في حياتنا اليومية.

- الزجاج الشمسي:

يستخدم هذا النوع من الزجاج في عملية تصنيع الواح الطاقة الشمسية التي تمتص الحرارة وتحولها إلى طاقة كهربائي.

- الزجاج المعشق:

قالب رئيسي: زجاج معشق الزجاج المعشق هوالزجاج الذى يلون أثناء تصنيعه بإضافة الأكاسيد المعدنية إلى التركيبة الأساسية له ويتم تقطيعه حسب التصميم المطلوب، سواءً أكان لنافذة أو أي جزء آخر في المبني، ومن ثم يتم تجميع هذا الزجاج وتشكيله بواسطة شرائط معدنية وغالباً ما تكون من الرصاص مع إمكانية استخدام الزنك والنحاس.

سمي بالمعشق لإدخال الزجاج داخل قنوات الشرائط المعدنية، وهو اشتقاق معروف في اللغة العربية في مفهوم كلمتي العاشق والمعشوق. فعلى سبيل المثال، الزجاج المعشق بالرصاص يكون فيه العاشق هو الزجاج والمعشوق هو الرصاص. ويتم باستخدام هذه الشرائط المعدنية تشكيل وزخرفة الزجاج للحصول على التصميم المطلوب.

وقد عرف الزجاج المعشق كحرفة يدوية قديمة توارثتها الأجيال علي مر التاريخ، بعد أن عرف الإنسان مبكراً صناعة الزجاج عندما تمكن قدماء المصريين (الفراعنة) من صناعة ما يعرف بالحواف المصرية وذلك خلال الفترة 2750 – 2625 قبل الميلاد. كانت هذه الحواف تصنع بطريقة لف شريط رفيع من الزجاج

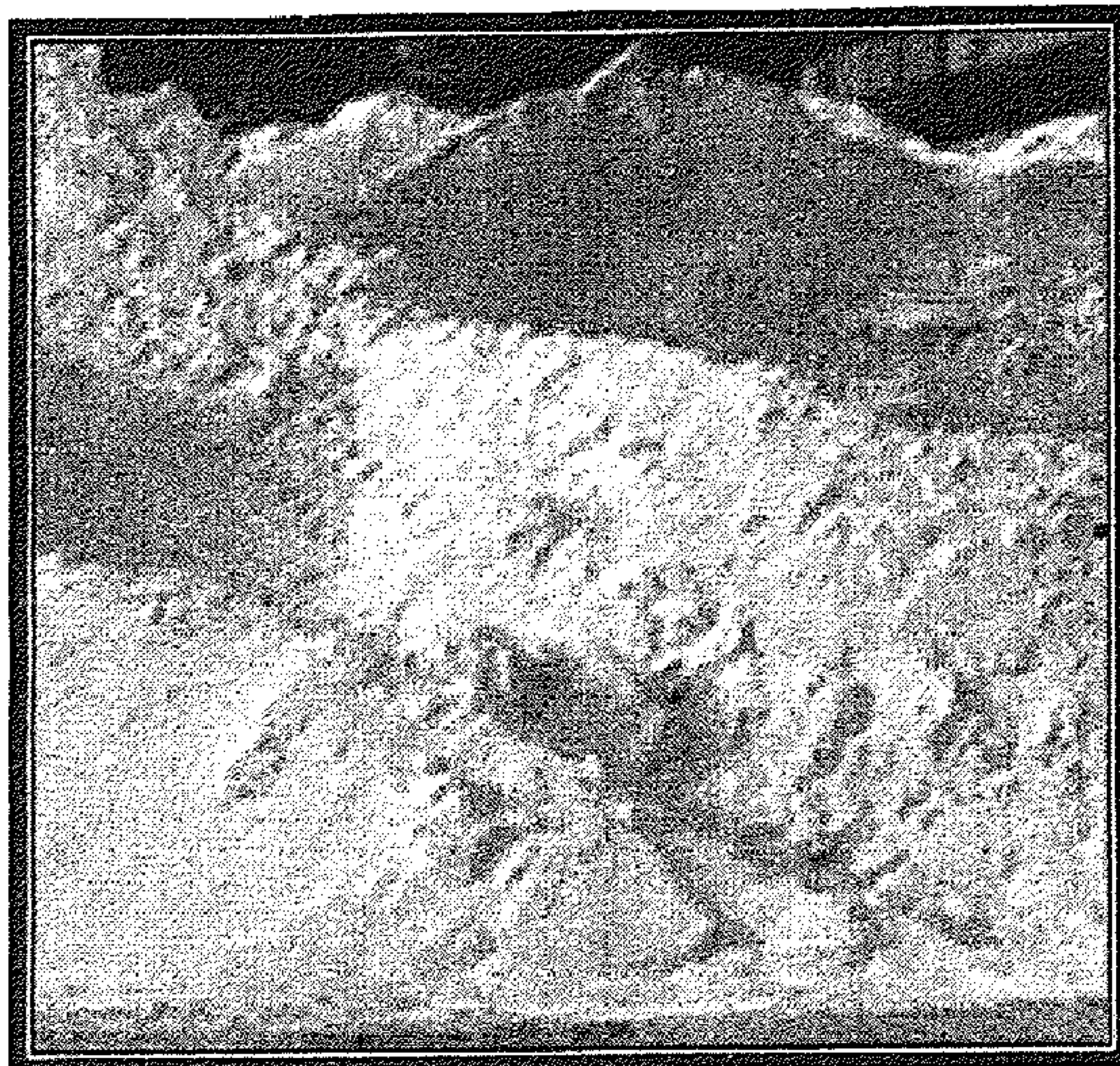
المصهور حول كتلة من الطين غير المتماسك لتشكل إطاراً لهذه القطع الطينية. ولقد كان هذا الزجاج من النوع المصمت (غير الشفاف) والنفيس والثمين جداً. وفي القرن الأول الميلادي، تمكن الرومانيون من استخدام الزجاج في النوافذ ولكن زجاجهم كان غير منتظم التشكيل ولم يكن شديد الشفافية. لقد برع العرب في هذه الحرفة، ويعتقد فريق من الاختصاصيين بأن نوافذ الزجاج العربي ظهرت في النصف الثاني من القرن الثالث عشر الميلادي بينما يري فريق آخر (وهو الأرجح) أن الزجاج العربي ظهر في القرن العاشر الميلادي خلال الحقبة البيزنطية في أوروبا. ولقد كان هناك طراز متميز لنوافذ الزجاج العربي وكان يسميه الغرب الموريش نسبة إلى عرب شمال أفريقيا أو المغاربة.

وكانت تتم صناعة هذا الطراز بإحدي طريقتين، إما بطريقة نحت الرخام أو الحجر وإدخال الزجاج في المكان المنحوت أو بطريقة وضع قطع الزجاج في اللياسة قبل أن تجف ويتم تقوية وتدعيم هذه اللياسة بوضع قضبان من الحديد داخلها، وبذلك تكون اللياسة المدعمة بالحديد محيطة بقطع الزجاج. والمثال القائم لهذه الطريقة هو نوافذ المسجد الأزرق في إسطنبول بتركيا. وكانت نوافذ الزجاج العربى في هذه الحقبة مشهورة بتصاميم الزهور.

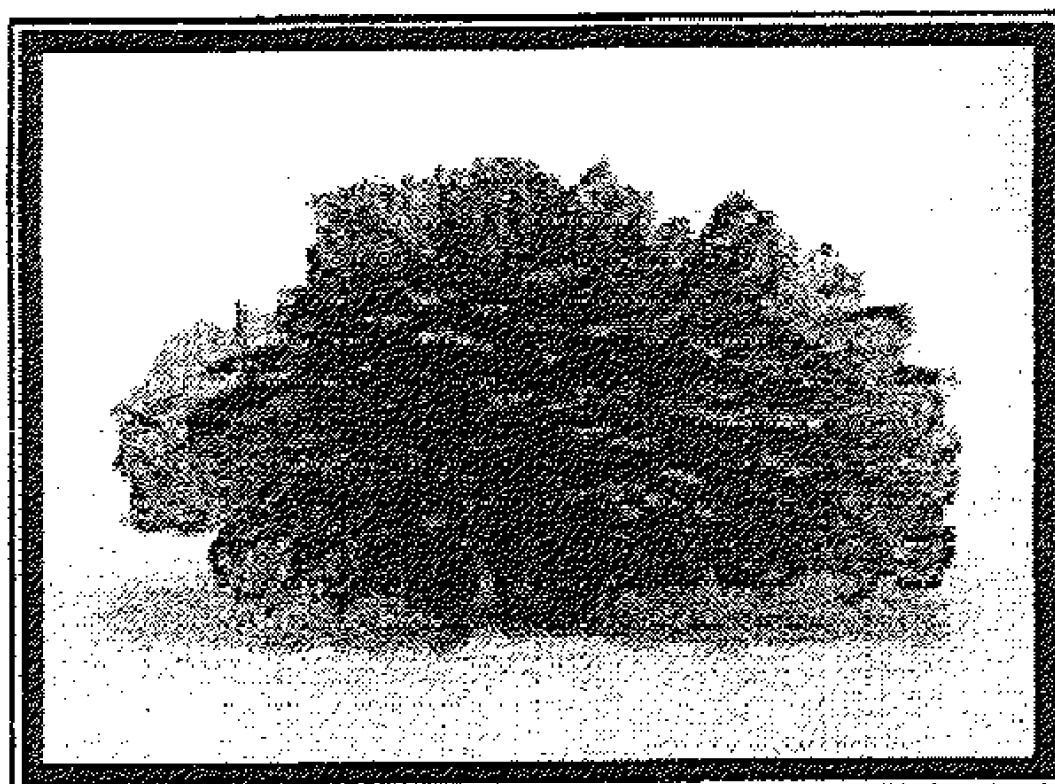
وقد عرفت أوروبا نوافذ الزجاج العربي، المتميز بشفافيته والمزين بخيوط ملونة داخله، عندما دخل عرب شمال أفريقيا أو المغاربة إلى إسبانيا مما أتاح للأوروبيين تطوير الزجاج المعشق بما يتماشي مع فلسفتهم واعتقادهم واحتياجهم.

وتطورت صناعة الزجاج المعشق وأصبح استخدام الرصاص والنحاس كبديل للرخام والحجر واللياسة لتصبح تصاميمه أكثر جمالاً وأفضل جودة وأقل تكلفة.

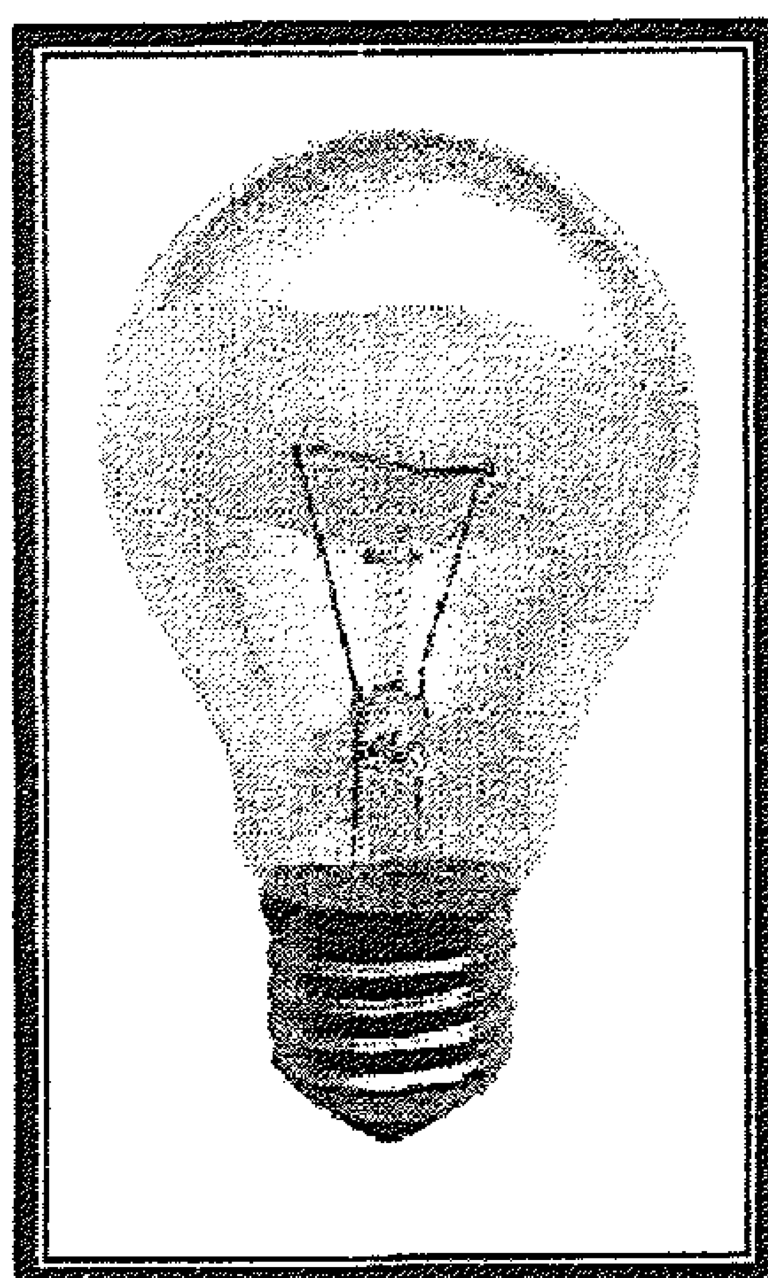
وأصبح الزجاج المعشق تحفة فنية تضفي لمسة جمالية على المبنى وترفع قيمته الاستثمارية وتشعر من بداخله بالراحة النفسية.



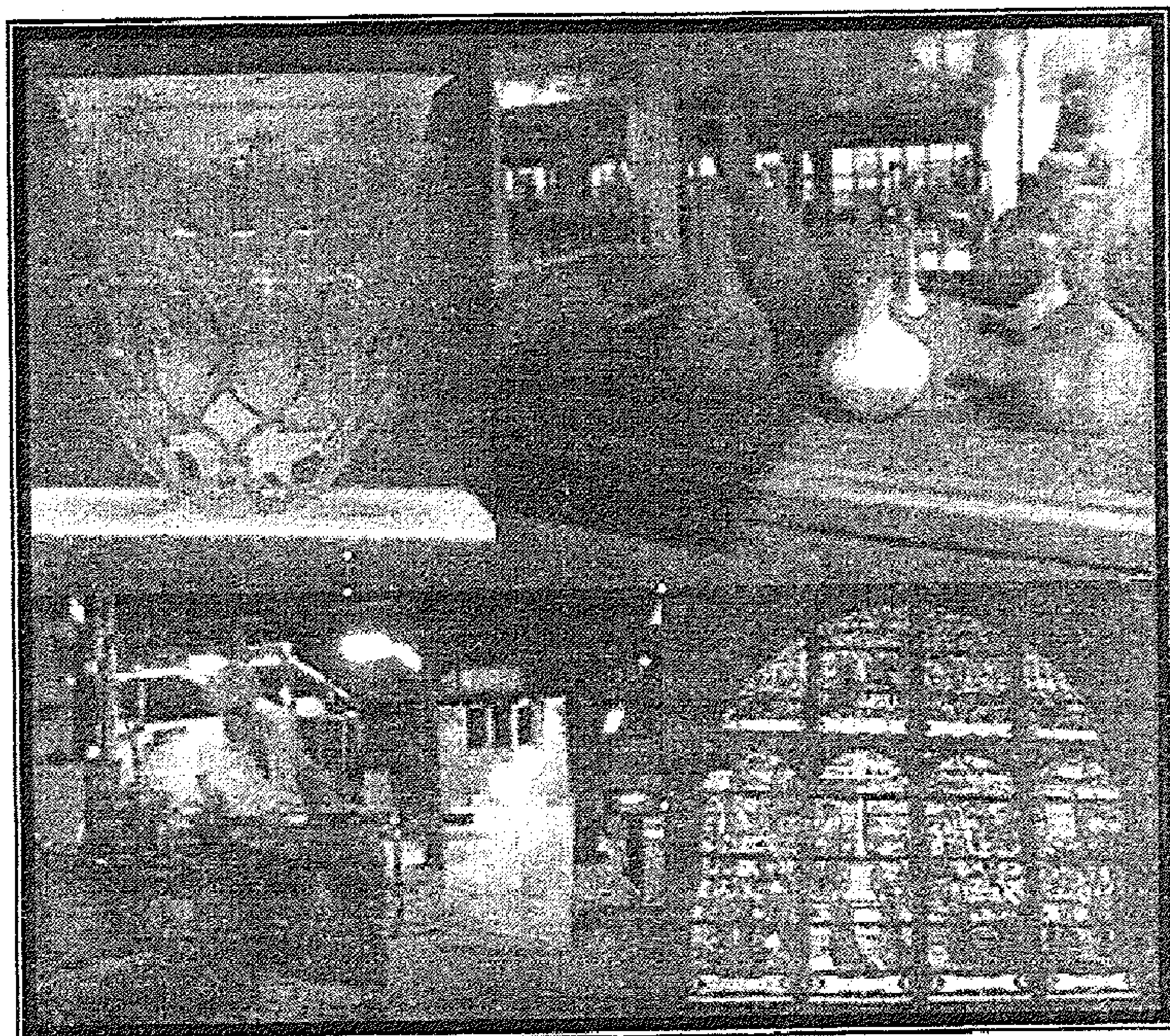
رمل الزجاج



الزجاج الصلب



منتج زجاجي 1



منتج زجاجي 2

الفصل التاسع

9

الأخشاب

الأخشاب

1. الطبيعية.
2. الصناعية.

1) الأخشاب الطبيعية:

مصادر الأخشاب:

تتعدد مصادر وأنواع الأخشاب، فمنها الذي يصلح لأعمال الاثاث والنجارة ومنها ما هو غير صالح، وحيث ان هناك انواع لا حصر لها من الأخشاب تستعمل غالبيتها في أعمال الديكور الداخلي ولا يخلو مكان منها، ونظرا لخواص الأخشاب ومميزاته العديدة فهو يعتبر الخامة الاولى من حيث الاهمية مهما تعددت الاختراعات الحديثة التي تحل محله.

ومساحة الغابات التي بها أشجار الأخشاب على سطح الارض تبلغ حوالي ما بين (30 ـ 35) مليون كيلو متر مربع.

ينمو في هذه المساحة ما يقرب من خمسة الآف فصيلة من فصائل الاشجار المختلفة، وتحتل مناطق الغابات في الاماكن الحارة الخضراء نصف هذه المساحة، وفي المناطق المعتدلة حوالي (15٪) أما الباقي (35٪) عبارة عن غابات صنوبرية.

ومن المعلوم أن العالم لا يستخدم سوى (10٪) من هذه المساحات الشاسعة وذلك يرجع إلى صعوبة النقل والظروف المناخية لتلك المناطق.

ونعرف ان المناطق الحارة هي الاصلح لزراعة الاشجار، ايضاً يجب ان تكون هذه المناطق خالية من صعوبات النقل وما شابه.

توزيع الأخشاب في العالم:

تعتبر الغابات الطبيعية هي احدى مصادر الأخشاب في العالم، أما الغابات الصناعية فهي مصدر آخر للحصول على مورد من الأخشاب بطريقة يتدخل فيها الانسان، وهي تضمن الحصول على مورد ثابت من الأخشاب في مكان ثابت ولنوع

معين من الأخشاب، وهذه الطريقة لجأ اليها كل المهتمين بالاعمال الخشبية وذلك خشية انقراض نوع من الخشب والحصول عليه بمواصفات جيدة خالية من الامراض والآفات.



غابات الاشجار الطبيعية

الجدول التالي يوضح توزيع الأخشاب في العالم:

الرقم	اسم القارة	النسبة المئوية
1	الأخشاب المزروعة في القارة الافريقية	٪26٪
2	الأخشاب المزروعة في قارة استراليا وجزر المحيط الهادي	٪1,8٪
3	الأخشاب المزروعة في القارة الاسيوية دون الدول الروسية	٪11٪
4	الأخشاب المزروعة في قارة أوروبا دون الدول الروسية	٪3,2٪
5	الأخشاب المزروعة في امريكيا الشمالية	٪19٪
6	الأخشاب المزروعة في امريكيا الجنوبية	٪18٪
7	الأخشاب المزروعة في الدول الروسية	٪21٪

كيفية الحصول على مورد ثابت من الأخشاب:

كانت الغابات الطبيعية ولا زالت مصدراً رئيسياً من مصادر انتاج الأخشاب، ونظرا لأهمية أنواع الأخشاب التي تستخدم حاليا في حياتنا العامة، والنظر إلى عدم انقراضها، خاصة الانواع المتداولة مثل (السُويد، الزان، الماهاجوني، البلوط....) ومن أجل هذا فكر العلماء في طريقة للحول على مورد ثابت لكل نوعية من هذه الأصناف.

ولكن كيف هذا؟ علما بان عمر الشجرة يتراوح بين (40 – 50 سنة)، لذلك انحصرت الفكرة في عدة أمور هي:

(1) معرفة متوسط عمر الشجرة المراد زراعتها وفصيلتها، وذلك يأتي بالخبرة والتجربة والعلم، كذلك يراعي عند الاختيار تحديد النوع والفصيلة.
(2) تقسيم قطعة الارض الشاسعة (الغابة) إلى مساحات متساوية عددها مساوٍ لمتوسط عمر الشجرة، وليكن مثلا خمسون عاما، فتقسم الارض المراد زراعتها إلى خمسون قسما.
(3) نبدأ بزراعة القسم الاول في السنة الأولى والقسم الثاني في السنة الثانية والقسم الثالث في السنة الثالثة وهكذا.... حتى القسم الخمسون.
(4) بإنتهاء زراعة القسم الخمسون يكون القسم الأول قد بلغ عمر الخمسون عاما وهو عام تمام نضج الشجرة، فيتم قطع الاشجار على هذا الأساس.
(5) بعد عام من قطع الجزء الأول يقطع القسم الثاني لبلوغه أيضا عمر الخمسين عاما، ثم نزرع في نفس السنة القسم الأول وبعد عام آخر يقطع القسم الثالث ويزرع القسم الثاني، وهكذا تستمر هذه العملية بشكل متواصل، مع ملاحظة ترك كل قسم من هذه الاقسام عاماً كاملاً حتى تستريح التربة، وتستعد لاستقبال الجديد من التشجير.

وبهذه الطريقة تضمن حصيلة مستمرة من الاشجار كل عام، ونضمن عدم توقف تغذية الأسواق المحلية والعالمية بشكل منظم ومستمر.

ملاحظات يجب مراعاتها اثناء زراعة الاشجار:

(1) يجب مراقبة نمو الاشجار أول بأول وتقليمها باستمرار وذلك لمنع ظهور العقد والحصول على خشب متجانس في اللون وخالي العقد.

(2) يجب معالجة الاشجار من الميكروبات والطفيليات التي قد تنمو عليها وتضر بالأخشاب وتقلل من جودتها وحجمها.

(3) التاكد من تمام النضج قبل قطع الشجرة، وذلك لتفادي عمليات الفتال والالتواء والتقوس وذلك بعد الجفاف، بالاضافة ايضا لعدم قطعها بوقت متأخر لتفادي أمراض الشيخوخة.

(4) يراعى ان تكون الغابات قريبة من الانهار أو تكون سهلة الوصول اليها بوسائل النقل، لسهولة نقل الأخشاب إلى اماكن التقطيع والتجفيف والتخزين ثم ارسالها لمراكز التصدير والبيع.

أنواع الأشجار الخشبية وأهميتها:

من المعروف أن مصدر الخشب هو الأشجار الخشبية أي أن منشأ الخشب نباتياً، ولا تعتبر كل النباتات خشبية وإنما يجب أن تتوافر صفات معينة في النبات الخشبى وهذه الصفات هي:

1. لابد أن تكون نباتات وعائية أي تحتوى على أنسجة توصيل عبارة عن الخشب واللحاء ويكون بعد ذلك الخشب الناضج.
2. لابد أن تكون معمرة أي تعيش عدد من السنين قد تصل إلى مئات أو آلاف السنين.
3. يجب أن يكون لها ساق يستمر سنة بعد أخرى ويطلق على الساق الخشبي Steam Trunk Bole..
4. يجب أن يحدث بها تغليظ ثانوى Secondary thickness عن طريق طبقة الكابنيوم وبذلك يزداد قطر الأشجار الخشبية في السمك ويصبح معالجاً لإستخراج الخشب المصنع Lumber.

أنواع النباتات الخشبية:

أنواع النباتات الخشبية ثلاثة هي الأشجارTrees والشجيرات Shrubs والمتسلقات الخشبية Woody Lianas.

والوقع أنه لا يوجد حد فاصل بين هذه الأنواع فنجد نبات على شكل شجرة في مكان ما بينما يأخذ شكل شجيرة في منطقة أخرى إذا توافرت الظروف لذلك.

وعموماً فإن أقسام النباتات الخشبية يمكن تقسيمها إلى الآتي:

- الشجرة:

نبات خشبي يصل ارتفاعه عند البلوغ 20 قدماً على الأقل وله ساق أصلي قائم يتميز بنموه وخلوه من الأفرع لعدة أقدام فوق سطح الأرض ويحمل تاج مميز.

- الشجيرة:

عبارة عن نبات خشبي لا يزيد ارتفاعه عن 20 قدما وعادة الشجيرة لها أكثر من ساق أصلي واحد وقد تكون الشجيرة قائمة أو مفترشة.

- التسلق الخشبي:

عبارة عن نباتات متسلقة بالمحاليق أو الجذور الهوائية أو الألتفاف وهذه المتسلقات تعتبر من مميزات الغابات الأستوائية.

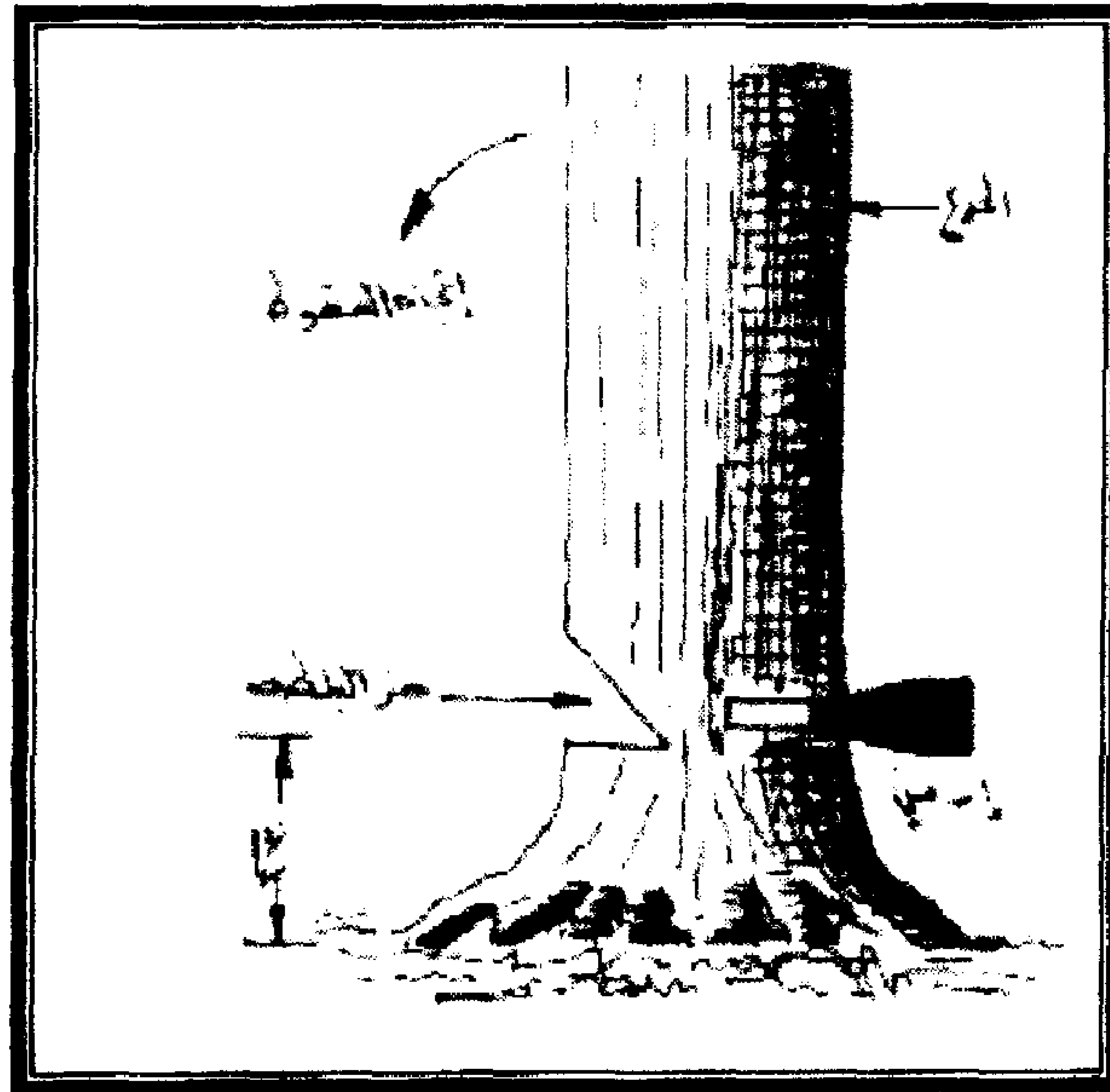
وبالنسبة لوضع الأشجار الخشبية في المملكة النباتية وباختصار فإن الأشجار تقع تحت رتبة البذريات Spermaboplyle وتشغل مسمين كبيرين:

- الأول: الأشجار المخروطية.
- الثانية: الأشجار ذات الورق العريض Angiosperm.

ويطلق على الأولى ذات الأخشاب اللينة Soft Wood والثانية ذات الورق العريض ذات الأخشاب الصلبة Hard Wood.

ولكل قسم مميزات وصفات تميزه عن القسم الأخر نذكر منها على سبيل المثال الآتي:

1. شكل الأشجار النمو العمودي Excurrent للأشجار المخروطية والنمو المفترش Decurrent للأشجار ذات الورق العريض.
2. نوعية الخشب: خشب لين لا يحتوي على أوعية للأشجار المخروطية وخشب صلد يحتوي على أوعية خشبية مميزة للأشجار ذات الورق العريض.
3. البذور: البذرة العادية في الأشجار المخروطية والبذور مغطاة في الأشجار ذات الورق العريض.
4. الأوراق دائمة معظمها أبرية Needle Like في الأشجار الصنوبرية ومتساقطة في معظم الأشجار ذات الورق العريض.
5. الثمار: مخروطية تحتوى على البذور في مخاريط في الأشجار الصنوبرية وتنمو ثمارها المغطاة في الأشجار ذات الورق العريض.



فوائد الأشجار:

1. الحصول على المنتجات الأساسية من الأشجار وهي الأخشاب وتختلف درجة الجودة للأخشاب باختلاف الأشجار وكل نوع من الأخشاب له إستعمال خاص فبعضها يصلح للأخشاب المصنعة أو الأخشاب المنشرة.
2. عجينة الورق Wood Pulp : الأخشاب التي تستعمل في إنتاج عجينة الورق لها مواصفات خاصة من حيث إحتوائها على نسبة منخفضة من المستخلصات الخشبية وطول أليافها وثقل أخشابها النوعي.
3. إنتاج الفلين: وينتج من بعض الأشجار في المناطق المعتدلة حيث يجرح القلف ويتكون من هذا الجرح نسيج فليني ثم تنزع الطبقات المختلفة ويخرج نوع الفلين حسب نوعية الأشجار وتعتبر أشجار السنديان الفلين Quereus Suber من أهم الأشجار المنتجة للفلين وهي موجودة في حوض البحر الأبيض المتوسط كأسبانيا وتونس والمغرب.
4. إنتاج الاصماغ والراتنجات وغيرها: فمثلا إنتاج الاصماغ من أشجار السنط العربي Acacia وانتاج الراتنجات Resin & Rosin من الأشجار الصنوبرية.
5. حماية وحفظ التربة من الإنجراف عن طريق زراعة الأصناف من الأشجار الخشبية التى تناسب هذا الغرض "حفظ التربة" عن طريق المجموع الجذرى كما يمكن أيضاً تثبيت الكثبان الرملية التي لها تأثير ضار على المجتمعات بأساليب علمية خاصة في زراعتها.
6. الأشجار وأثارها الجمالي في تنسيق الحدائق وزراعة الطرق والشوارع بأصناف تتميز بجمالها وأزهارها وغيره.
7. آثر الأشجار في تحسين وتلطيف الجو خاصة في المناطق المفتوحة حيث تؤدي زراعة الأشجار إلى توفير الظل ومنع الأتربة في المناطق القفرة القاحلة ويؤدي إلى تخفيض عدة درجات من الحرارة عند إستعمالها، كما تحمي المناطق من الإنجراف في حالة هطول الأمطار وآثر ذلك معروف عالمياً.

العوامل الأساسية التي تحدد أهمية الشجرة:

هنـاك عوامـل أساسـية للأشـجار لتحقيـق الهـدف المطلـوب مـن زراعتهـا وأبسـطها الحصـول علـى المـادة الخشـبية اللازمـة لتغذيـة الصـناعات الخشـبية والكيميائية وغيرها وأهم هذه العوامل هي:

1. نوع الخشب Wood Quality:

المادة الخشبية هي العامل الأساسي في تحديد أهمية الشجيرة ويختلف نوع الخشب تبعاً لنوع التركيب التشريحي للأصناف المختلفة فتركيب وطول الألياف الخشبية تؤثر على نوع الخشب كذلك وجود المستخلصات الخشبية من عدمه يؤثر أيضاً.

2. سرعة النمو Growth Rate:

سـرعة النمـو للأشـجار لهـا علاقـة مباشـرة بالإنتـاج السـنوي مـن الأخشـاب وتختلف الأشجار في معدل النمو السنوي وعادة يلازم سرعة النمو كثافة خشبية أقل من النمو البطئ وعموما فالأشجار منقسمة إلى أشجار سريعة النمو مثل الحور والكافور وأخرى متوسطة مثل أشجار السرو والصنوبر وأشجار بطيئة مثل التوبا والشوح والسنديان وغيرها.

3. الحجم النهائي للأشجار Ulimate Size:

تختلف الأشجار في الحجم والشكل النهائي فبعض الأشجار حجمها أو قد يكون متفرع وعادة يختلف الحجم النهائي حسب الظروف البيئية بالإضافة إلى طبيعة النمو وكذلك خصوبة التربة.

4. عمر الشجرة Tree Age

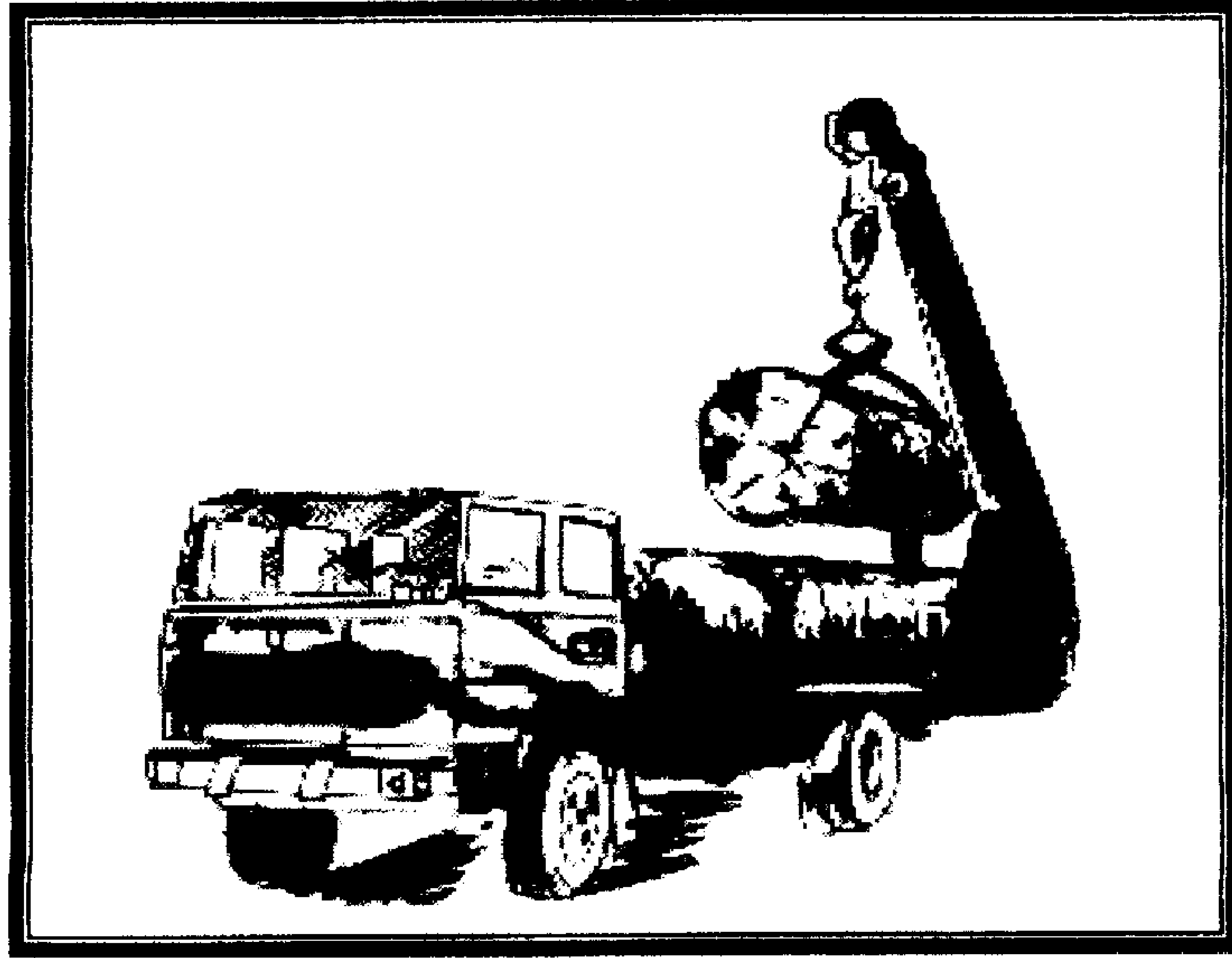
هي الفترة التي تمر من بدء الزراعة حتى تصل الشجرة إلى الحجم المناسب الاقتصادى للقطع والاستعمال والأشجار أما قصيرة العمر 15– 20 سنة أو متوسطة العمر 60 – 70 سنة وطويلة العمر أكثر من 100 سنة.

5. مقاومة الصنف للآفات والحشرات:

درجة مقاومة الأشجار للآفات الحشرية والفطرية تحدد لدرجة كبيرة نجاحها في منطقة معينة والأمثلة على ذلك كثيرة فشجرة الكستناء أنقرضت من الولايات المتحدة والحور من مصر لإصابته بحفار ساق التفاح وغيرها، فمقاومة الصنف تعتبر من أهم العوامل المحددة لأهمية الشجرة.

وبالنسبة لأشجار الفترات الطويلة أقتضى الأمر مراعاة النقاط الخمس الآتية:

1. نمو الأشجار وترتيبها Silviculture.
2. إدارة مزارع الأشجار Management.
3. حماية الأشجار Protection.
4. استعمالات الأشجار Utilisation.
5. الأقتصاديات Economics.



أهمية الأخشاب العامة:

ان الخشب وسيلة فعلية لقياس التطور الإنساني، فقد افاد في صناعة الجسور وتشييدها، ما ساعد في عملية الاستقرار، ولانه يطفو، تم استخدامه في صناعة السفن، ما جعل الاكتشافات العظمى ممكنة، وحتى اليوم ما زال صانعوا

الاثاث يجعلون منه جزءاً من حياتنا اليومية ورغم ان هناك مواد جديدة لا حصر لها تدخل يوميا في حياتنا، البلاستيك والسيراميك والتنك والمواد الصناعية جميعها تستخدم اكثر من المواد الطبيعية التقليدية كالحجارة والقرون والجلود الا ان الخشب ما زال يحتل موقعاً هاماً لدوره المشرف، وما زالت شعبيته تنمو نتيجة جماله الطبيعي، كما ولمزاياه الفيزيائية المدهشه لصناعة الاثاث والقطع الفنية منه، اجبر النجارون على تعلم سبل قياسه والتعرف على مزاياه المتعددة.

فالخشب هو شبكة من الخلايا، وهو ينتج عن انسجة حية تعيش تحت اللحاء مباشرة لكل خلية من الخشب اخاديد مركزية محاطة بجدار خليوي، مع بداية حياة الخلية تحتل المواد الحية اخاديدها المركزية رغم ان الخلايا تموت مع الوقت الا ان اخاديدها المركزية وكثافتها الخارجية يبقيان هذه الخلايا الميتة التي تنمي تدريجيا جذع الشجرة، تصنع الخشب، وهي مصفوفة كالحجارة في اتجاه جذع الشجرة.

والخشب ليس مادة متناسقة فالخشب الذي ينمو في الربيع أوهن واكثر مسامات مما ينمو في الموسم التالي ما ينجم عنه تشكيل سلسلة من الحلقات بدءاً من مركز الجذع وحتى لحاء الشجرة حضور أو غياب هذه الحلقات، كما وشكلها واتجاهها، له تأثير كبير في النوعية الجمالية لقطعة الخشب، وبالتالي لاستعمالاتها ايضا، كما ان هيكلية الخشب تختلف بين نوع واخر، فالخشب الكثيف كشجر القيقب، يتشكل من خلايا بجدران اسمك واخاديد مركزية اصغر مقارنة مع الخشب اللين كالصنوبريات، لهذا فالخشب الكثيف أشد صلابة وقوة من الخشب اللين، وهو مفضل لصناعة الاثاث ورصف الأرضية التي تتعرض للصدمات والاحتكاك.

وتعتبر الأخشاب المادة الأساسية في أعمال النجارة والتي تنقسم في تصنيفها إلى فرعين:

1. نجارة مسلح: لعمل الهيكل الخرساني.
2. نجارة موبيليا (نجارة تشطيب): عمل الأثاث والأبواب.... الخ.

لكل نوع من هذه الاعمال يستخدم صنف معين من الأخشاب والتي تنقسم الى:

- **اولاً: حسب الاستخدام:**

تنقسم الأخشاب حسب استخدامها إلى:

1. الأخشاب الانشائية: هي الأخشاب التي تدخل في صناعة أعمال الهيكل الانشائي للمبني مثل القوالب الخرسانية والجمالونات الخشبية للمباني الخشبية حيث يعتبر الخشب العنصر الانشائي الاساسي في المبنى.
2. الأخشاب المعمارية: هي الأخشاب التي تدخل في صناعة الاثاث والتركيبات الداخلية والابواب.... الخ.

- **ثانياً: حسب كثافته النوعية:**

تنقسم الأخشاب حسب كثافتها النوعية إلى:

1. خشب طري وكثافته 400 كجم/م^3.
2. خشب صلب وكثافته 760 كجم/م^3.

❖ يتم الحصول على الأخشاب من أشجار معينة ذات عمر محدود ومدروس ثم تقطع هذه الاشجار وتوضع في افران لتجفيفها وذلك لتقليل نسبة الرطوبة فيها تبعاً لطبيعة الاستعمال والنسب المسموح بها بعد التجفيف.

❖ يتم تقطيع الخشب حسب الاشكال والمقاسات المطلوبه بعد التجفيف وذلك لضمان دقة المقاسات وعدم الالتواء بعد جفاف الخشب وتغير شكله.

- **ثالثاً: حسب مصدرها:**

تصنف الأخشاب حسب مصدرها إلى:

1. اخشاب طبيعية: وهي الأخشاب المأخوذة من الاشجار مباشرةً.
2. اخشاب مصنعة: وهي الأخشاب المصنعة من اخشاب متنوعة ومخلفات اخشاب (نشارة خشب) مثل الخشب المعاكس وخشب Mdf.

المراحل التي تمر بها عملية إنتاج الخشب الطبيعي:

1. أشجار: وتعتبر المصدر الرئيسي للخشب الطبيعي.
2. قطع: عملية قطع الاشجار من أماكن تواجدها (الغابات).
3. نقل: عملية نقل الأشجار المقطوعة من الغابات إلى المصانع.
4. تجفيف: عملية إزالة الرطوبة (الماء) من الأشجار وتتم بالتجفيف المبدئي تحت أشعة الشمس ثم وضع الأشجار المقطعة داخل أفران معدة لذلك.
5. تشكيل: عملية قص الاشجار حسب الطلب إلى أشكال متنوعة تشمل الألواح والمرابيع والكتل الصلبة.... الخ.

- الجمالونات: عبارة عن هياكل خشبية أو معدنية تصمم لعمل الاسقف المائلة ويتم تصميمها وتركيبها باستخدام قطع معدنية أو خشبية تقوم كدعامات للهيكل المحمول على إطار ثابت.

الأخشاب الإنشائية:

تشمل هذه المجموعة انواع الأخشاب الطرية مثل ألواح الخشب الابيض الاوربي (السويدي) وتكون بعرض 10سم وسماكة 2سم وطول من 3م إلى 4م وكذلك مرابيع وهذه الأخشاب تدخل ضمن الأخشاب الطرية الاصلية كما يستخدم ايضاً في الاعمال الانشائية نوع يسمى المعاكس وهو أحد الأخشاب المركبة ناعمة السطح تستخدم للحصول على اسطح خرسانية ناعمة (فير فيس).

الأخشاب المعمارية:

وتشمل أغلب أنواع الأخشاب الاصلية مثل خشب (الماهوجني والاسفندان والبلوط والساج) وهذه الأنواع صالحة جداً لعمل الأثاث بسبب صلابتها وقوتها وسهولة تشكيلها.

تصنيف جودة الأخشاب:

يتم تصنيف الأخشاب المستخدمة في الأعمال حسب: .

1. قوة التحمل.

2. المقاسات النهائية بعد التصنيع.
3. خلوه من الكسر.
4. خلوه من العقد.
5. المعالجة من البكتيريا والحشرات.
6. التماثل.

• فحص الأخشاب الإنشائية:

بالنسبة للخشب المستخدم في عملية البناء وخصوصاً الخشب الأبيض والذي ينقسم إلى نوعين ألواح ومرابيع يجب ان يكون خالي من العقد الكبيرة حيث تمثل هذه العقد أماكن ضعف لأن المرابيع تستخدم للتدعيم أثناء عملية الصب والألواح تستخدم بعد رصها كأوجه للقالب لذا يجب ان تكون:

1. قوية وخالية من العقد.
2. مقاساتها دقيقة.
3. خالية من الالتواء.

كما سيتخدم المعاكس لإعطاء أوجه ناعمة لذا يجب أن يكون مستوياً ونظيفاً وخالياً من التشوهات.

الصفات العامة للإخشاب:

تمتاز الأخشاب جميعها في صفات من حيث أصل المنشأ النباتي وهذه الصفات هي:

(1) يتم الحصول على الأخشاب من الاشجار القائمة داخل الغابات بصورة رئيسية مكتملة النمو وخالية من الامراض والآفات.

(2) يعتبر الخشب (هيجو سكوبي) أي له قابلية امتصاص الماء وفقدانه.

(3) تكون الأخشاب المجففة خفيفة الوزن وذلك لفقدانها نسبة عالية من الماء وتصبح سهلة التعامل معها ونقلها بسهولة إلى مسافات بعيدة بأقل التكاليف.

(4) تأثر درجات الحرارة على الأخشاب وتمدده قليلا، والرطوبة الزائدة تؤثر على ابعاده وقياساته.

(5) يمتاز الخشب بخاصيته القليلة في نقل الصوت والحرارة والكهرباء.

(6) طبيعة الأخشاب لها ترتيب محوري غير متماثل على الاتجاهات الثلاثة (العرض، القطر، المماس).

(7) الأخشاب تمتص جميع الصدمات والاهتزازات أفضل من أي خامة أخرى.

(8) الأخشاب لا تصدأ حتى لو غمرت في الماء لفترة طويلة، ولكن تزداد نسبة الرطوبة بها وتؤدي إلى التعفن.

(9) الأخشاب يمكن تشكيلها بأشكال مختلفة وبواسطة الالآت والمعدات البسيطة.

(10) الأخشاب قابلة لأعمال الدهانات المختلفة (الساترة والشفافة، اللامعة وغير اللامعة).

(11) الأخشاب يمكن تجميعها مع بعضها البعض بواسطة أدوات ربط مختلفة (المسامير والبراغي والوصلات الخشبية والغراء...).

(12) الأخشاب كأية مادة أخرى تتعرض للتعفن بزيادة الرطوبة، والتشقق بقلة الرطوبة والجفاف واصابة الحشرات الثاقبة والامراض اذا لم تعالج.

(13) الأخشاب تعتبر مادة احتراق قابلة للاشتعال وسريعة الاحتراق حيث يخرج منها غازات سامة.

تكوين جذع الشجرة *Stump of Tree*:

تتكون أي شجرة من الجذع والجذر والتاج (القمة)، ويتركب الخشب من خلايا مسامية تحتوي على النسيج الخلوي ولب الشجرة، فاذا نظرنا في قطاع شجرة ما، سنجده يتكون من عدة أجزاء وهي:

(1) لب الشجرة *Central Stamp*:

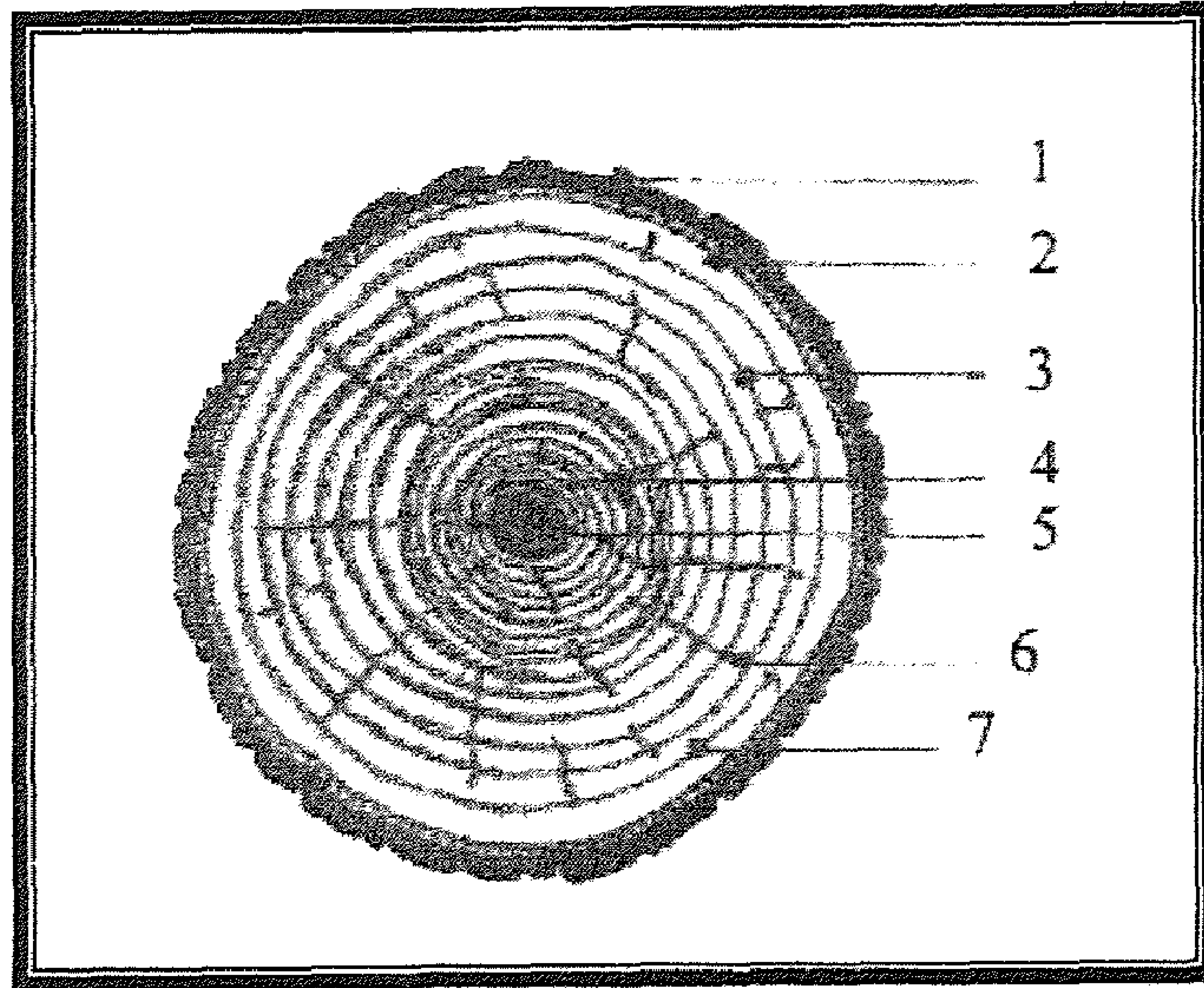
وهو أول ما يتكون من الجذع، وهو عبارة عن قناة توصيل للعصارة الغذائية لباقي أجزاء الشجرة.

(2) الحلقات السنوية *Yearly Rings*:

وهي عبارة عن الدوائر أو الحلقات التي يكون مركزها لب الشجرة ويعرف منها عمر الشجرة حيث تنمو كل عام حلقة واحدة، نظرا لانتظام فصول السنة، والذي يؤدي ذلك إلى اخضرار الاوراق مرة في كل عام، اما الاشجار التي تنمو في المناطق الحارة فلا تخضع لمناخ ثابت، فمن الصعب تحديد عمرها الزمني لاندماج الالياف وعدم انتظام تكوينها التشريحي.

(3) خشب القلب *Heart Wood*:

وهو الخشب الذي بجوار اللب مباشرة، وتكون اليافه متماسكة وقوية، وهو اقوى وأقدر من الخشب القريب من القشرة على مقاومة النمو الطفيلي والحشرات، وهذا الخشب لا يوجد في الأخشاب اللينة بل في الأخشاب المتوفرة في المناطق الحارة فقط.



الشكل يوضح قطاع عرضي لجذع الشجرة

1. القشرة 2. الكامبيوم 3. خشب الظهر 4. خشب القلب

5. اللب 6. الاشعة النخاعية 7. الحلقات السنوية

(4) القشرة الخشبية *Surface Veneers*:

ويتكون هذا الغلاف من اللحاء (خلايا ليفية تحت القشرة) ومن الغلاف الاسفنجي الخشن، ووظيفة القشرة هي حماية الشجرة من الصدمات والتقلبات الجوية المختلفة.

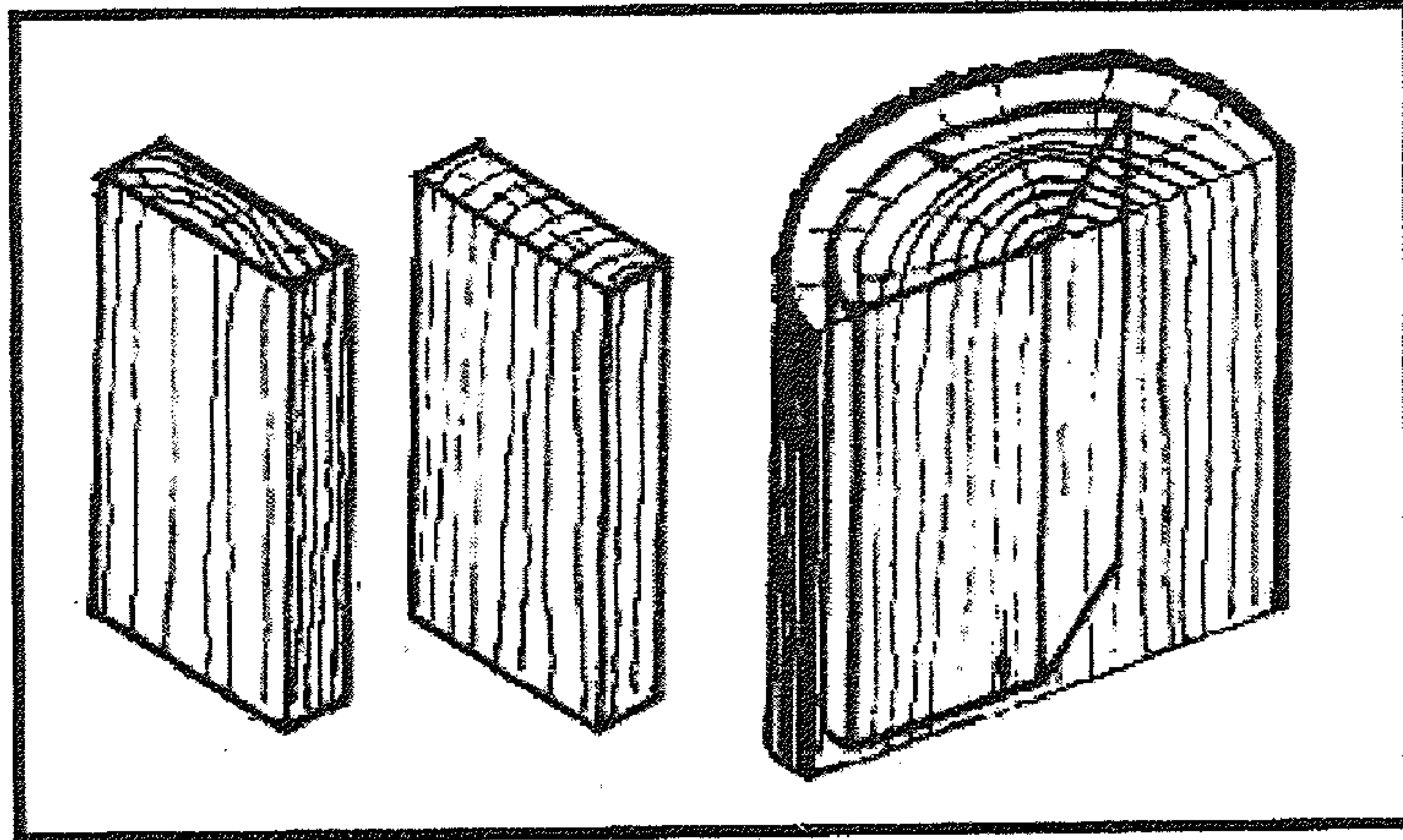
(5) المادة النباتية *Plantary Substance*:

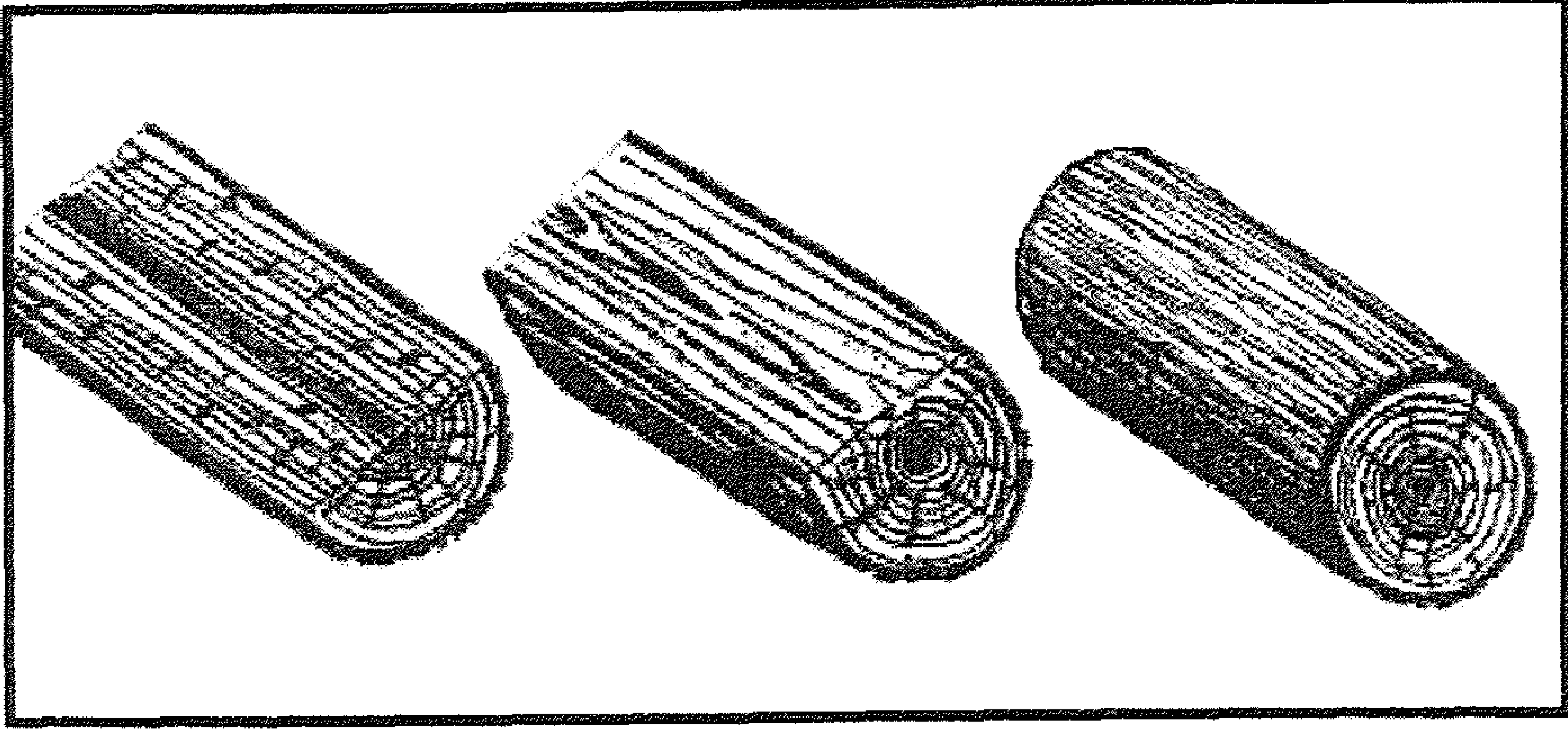
وتسمى طبقة النمو وهي توجد تحت اللحاء مباشرة وتتكون من جزئين وهما (الجزء الداخلي الذي يُكون الألياف الخشبية)، (الجزء الثاني الخارجي الذي يكون القشرة الخارجية).

(6) الإشعة العضوية *Organis Ray*:

وهي مجموعة من الخلايا والتي تحمل الماء والمواد الغذائية من قلب الشجرة إلى القشرة، وتظهر على شكل شعاع نصف قطري، وذلك اذا نظرنا إلى مقطع أفقي من جذع الشجرة، اما اذا نظرنا من مقطع رأسي في اتجاه الالياف فنجده على شكل خطوط طولية.

والشكل التالي يوضح أجزاء الشجرة في قطاع عرضي وطولي.





تقسيمات الأخشاب:

(الأخشاب الطرية والأخشاب الصلبة) Hard & Soft Wood.

تنقسم الأخشاب الطبيعية إلى عدة تقسيمات منها:

تقسم لقسمين: وهما الأخشاب الطبيعية الطرية والأخشاب الطبيعية الصلبة

وتقسم: لشكل أوراق الأشجار، وتقسم ايضا إلى طبيعة تكوينها أو إلى الاشجار الصمغية والغير صمغية.

أولا: من حيث شكل الاوراق

هناك أخشاب الاشجار الإبرية واشجار الأخشاب الورقية، وتكون اخشاب الاشجار الورقية مثل البلوط والسنديان والمهاجوني... أصلب من أخشاب الاشجار الإبرية مثل السويد والابيض.

ثانيا: من حيث شكل وطبيعة مقاطع الأخشاب

(1) **الخشب الصميمي:** يتكون مقطعه من جزئين (الجزء الداخلي القلب) ويتكون من خلايا ميته داكنة اللون وقد انعدمت فائدتها لنقل العصارة اللازمة لتغذية الشجرة، و(الجزء الثاني، الخارجي) يحيط بمنطقة القلب ويتكون من خلايا حية وظيفتها نقل العصارة إلى الشجرة.

(2) **الخشب الرخو:** يتكون مقطعه من خلايا حية متجانسة فاتحة اللون.

(3) **الخشب الناضج:** يتكون مقطعه من جزئين (الجزء الداخلي القلب) ذو خلايا ميتة، ولكنها فاتحة اللون، و(الجزء الثاني خلايا حية) تحيط بالقلب وظيفتها نقل العصارة اللازمة لتغذية أجزاء النبات.

(4) **الخشب الصميمي الناضج:** يتكون مقطعه من ثلاثة أجزاء، الجزء الداخلي وهو (القلب) وهو عبارة عن خلايا ميتة داكنة اللون وتحيط بها خلايا ناضجة، وهذه بدورها محاطة بمنطقة من الخشب الرخو ذو الخلايا الحية.

ثالثا: أنواع الأخشاب الصلبة والأخشاب اللينة:

هناك أنواع لا حصر لها من الأخشاب تستعمل غالبيتها في أعمال الديكور والتصميم الداخلي والمفروشات، ولا يخلو أي مكان من تواجد الأخشاب التي تعتبر من أكثر الخامات استخداما في كافة نواحي الحياة.

ويجب الاهتمام بالناحية الفنية والصناعية للاخشاب، وهناك العديد من الانواع الشائعة الاستعمال والمتوفرة في السوق المحلي إلى حد ما، والأخشاب كخامة تعتبر من أكبر الخامات قابلية للتشكيل سواء كان تشكيلاً يدوياً أو آلياً، والمقصود بذلك استخدام العدد اليدوية البسيطة أو كان عن طريق العدد والالات الصناعية الميكانيكية الكهربائية المتقدمة، مثل ماكينات النقر واللسان والمنشار والرابوخ والتخانة والرجاج وغيرها ... وتستخدم عادتاً الآلات الصناعية الكبيرة في انتاج الاثاث الخشبي بكميات كبيرة تجارية – Mass Production.

وينقسم الخشب إلى فصيلتين هما: الأخشاب الصلبة والأخشاب اللينة، ولكل من الفصيلتين استخدام معين إن تميزت الأخشاب الصلبة بكثرة استخدامها في مجالات الديكور، وتميزت الأخشاب اللينة في صناعة القطع الثابتة مثل حلوق الابواب والاطارات.

وهناك ايضا انواع تقع بين الفصيلة الاولى والثانية مثل خشب الزان حيث يعتبر متوسط الصلابة ويدخل في كثير من الصناعات وخاصة الكراسي والطاولات والسرائر وأعمدة الخراطة وهياكل الكنب... وغيرها.

الأخشاب الطبيعية:

أ) الأخشاب الصلبة:

الجدول يبين الأنواع الاكثر استخداماً من الأخشاب الصلبة:

1	خشب الزان	Beech Wood
2	خشب البلوط	Oak Wood
3	خشب الجوز	Alnut Wood
4	خشب الماهاجوني	Mahagong Wood
5	خشب التيك	Teak Wood
6	خشب الابانوس	Ebony Wood
7	خشب البلسندر	Rose WOOD
8	خشب عين الكتكوت	Birds Eye Wood
9	خشب القرو	Waiscet ark Wood
10	خشب السنديان	Houy or Helm Osk
11	خشب الكرز / كريز	Cherry Wood
12	خشب السيكامور	Sycamore Wood

وهناك أنواع أخرى استخدامها قليل لعدم توفرها بكثرة بالاضافة لارتفاع اسعارها وندرتها مثل (خشب التنوب، خشب اللاطة، خشب لسان العصفور، خشب السنط، خشب اسفندان، خشب التفاح، خشب الكمثري، خشب الليمون، وخشب الزيتون).

أولا: الأخشاب الصلبة *Hrad Wood*:

(1) خشب الزان *Beech Wood*:

وهو نوعان (الخشب الابيض والخشب الاحمر، وتسمى ايضا الأخشاب المبخرة، وخشب الزان من الاشجار الورقية وتكون الاشعة النخاعية له على شكل خطوط رفيعة متقطعة ومنتظمة الاتجاه، ويعتبر خشب الزان من أكثر الانواع

استخداما في أعمال النجارة والاثاث وأعمال الحفر، لانه من الأخشاب الصلبة متوسطة الصلابة سهل التشكيل ومتوسط الثمن اذا ما قورن بالأخشاب الصلبة الاخرى، وهو قابل للدهانات المختلفة الشفافة اللامعة أو الساترة، ويمكن الحصول على قطع من خشب الزان بالشكل المنحني بواسطة لفه على البخار في مكابس حسب التصميم المطلوب، وهناك ايضاً طريقة لصبغ الخشب في مراحل تجفيفه حيث يتم تشريب خشب الزان بالاصباغ المطلوبة ليتخلل مسامه عند التجفيف ولا تتغير هذه الاصباغ مع مرور الزمن وتكون ثابتة.

(2) خشب البلوط *Oak Wood*:

وهو من خشب اشجار ورقي صميمي، ومنطقة القلب فيه كبيرة، وهو صلب أبيض اللون يميل قليلاً إلى الاصفرار أو اللون الرمادي الفاتح، الاشعة النخامية والحلقات السنوية واضحه وظاهرة، يمتاز بجمال اليافه وقابليته للصقل والتلميع، يوجد منه نوعان (الشتوي والصيفي) حيث يزرع شجر البلوط الشتوي في المناطق المرتفعة، ويزرع الصيفي في المناطق المنخفضة، ويستخدم في صناعة الابواب الرئيسية الخارجية والشبابيك والادراج الداخلية وتصنع منه ارضيات الباركيه والاثاث الفاخر، وتستخرج منه القشرة لجمال اليافه، ويمتاز بالصلابة المرنة ويصعب كسره حيث يدخل ايضاً في صناعة أجزاء للطائرات والسفن والالات الزراعية والادوات الرياضية مثل (مضارب التنس وعصا الجولف...) ويتم تشكيله بواسطة البخار داخل قوالب خاصة وتستخدم قشرته لتغطية قطع الاثاث والألواح المصنعة مثل اللاتيه والمعاكس.

(3) خشب الجوز *Walunt Wood*:

هو خشب اشجار ورقي صميمي، يستعمل في صناعة الاثاث والادوات الهندسية والرياضية، مثل لوحات الرسم ومساطر الرسم الهندسي، ومنه عدة أنواع منها:

(أ) خشب الجوز التركي: وهو فاتح اللون وتستخرج منه القشرة، حيث يورد من سواحل البحر الاسود، أليافه تميل إلى اللون البني المحروق تعطيه تموجات جميله وتستخدم في صناعة المكاتب الفاخرة.

(ب) خشب الجوز الامريكي: لونه بني داكن اللون أليافه ظاهرة بشكل كبير، يورد من كوبا والولايات المتحدة الامريكية، وهو من الانواع السهلة الاستعمال ويستخدم في صناعة الاثاث، له قيمة فنية عالية، ويستعمل ايضاً في تصنيع غرف الطعام الفاخرة.

(ج) خشب الجوز الهندي: لونه بني داكن وأليافه متوسطة الظهور وهو ذو قيمة فنية متوسطة أقل من الخشب الامريكي والتركي، ورخيص الثمن، يورد من بلاد الهند وأفغانستان، يستعمل في أعمال الحفر والتطعيم.

وتستخرج القشرة من جميع الانواع وتستخدم لتكسية المشغولات الخشبية الرخيصة وهو قابل للدهانات الشفافة اللامعة، ويستخدم في أعمال التطعيم بالقشرة والزخرفة والتي تسمى (الماركتوري والبركتوري).

(4) خشب المهاجوني *Mahagony Wood*:

وهو خشب اشجار ورقية، يمتاز بجمال اليافه ولونه البني الداكن المائل للاحمرار، ويمتاز بقلة انكماشه وصلابته وامتصاصه الجيد للغراء، ويعطي بريق لامع مع الدهانات الشفافة، وهو قابل للتشكيل بدرجة كبيرة في كثير من الاعمال وخاصة الابواب الخارجية والاثاث الثمين والمكاتب وتكسية الجدران وايضاً في اعمال التطعيم والحفر وعلب المجوهرات بالاضافة لصناعة الالآت الموسيقية مثل البيانو والكمان، ومنه عدة انواع:

(أ) المهاجوني الكوبي.

(ب) المهاجوني الامريكي.

(ج) مهاجوني هندراوس.

(د) المهاجوني الافريقي: امريكيا الجنوبية وافريقيا وجزر المحيط الهادي.

(5) خشب التيك *Teak Woo*:

هو خشب اشجار ورقية، منه متوسط الصلابة وشديد الصلابة، بالاضافة لشدة مرونته ويحتوي على نسبة عالية من الزيوت، ويمتاز بجمال اليافه ويتحمل التأثيرات الجوية وخاصة الباردة والرطوبة، يستخدم في تأثيث السفن والبواخر والبيوت المطلة على البحار، مقاوم للامراض والتعفن والتسوس أكثر من غيره من الأخشاب، وذلك لاحتواءه على الزيوت والمواد الراتنجية.

يمتاز بلونه البني المحروق ويميل احياناً للون الاحمر، يورد من مناطق الهند والباكستان وافريقيا الجنوبية، ويعرف احياناً باسم بلوط جزر الهند الشرقية أو دلب هندي East Indian Teak، وتستخرج منه القشرة الخشبية ويستخدم في أعمال الحفر وصناعة الاثاث الثمين.

(6) خشب الابانوس *Ebony Wood*:

يعتبر خشب الابانوس من أغلى وأصلب الأخشاب، ثقيل الوزن وله ألوان متعددة مختلفة منه الابيض، والابيض المائل للصفرة، والاحمر البني، والاخضر المصفر، والاسود الداكن، وهو متجانس الالياف وجميل الشكل، يتحمل الظروف الجوية المختلفة، ويستخدم في تجميع قطع الاثاث وفي صناعة القطع الموسيقية الدقيقة، وتعمل منه القطع الفنية الدقيقة مثل علب صناديق المجوهرات والقطع المحفورة والخراطة واشغال الماركتوري، حيث يورد خشب الابانوس من أواسط افريقيا ومناطق الهند وأسيا وأمريكيا الجنوبية، وتستخرج منه القشرة الخشبية.

(7) خشب البلسندر/ الورد *Rose Wood* :

خشب البلسندر الذي ينتج منه ما يسمى خشب الورد أو خشب الساج الهندي لتعدد ألوانه وأنواعه، يتميز بلون بني غامق أو يميل إلى السواد به خطوط فاتحة اللون، وخشب الورد لونه فاتح به خطوط سوداء وله شكل جمالي رائع مميز، ويعتبر من الأخشاب الصلبة، وهو ثقيل وصعب التشكيل، يستخدم البلسندر في صناعة بعض قطع الاثاث الثمينة ذات الطابع الجمالي العالي لما به من الياف جميلة، يورد من البرازيل والهند وبعض دول جنوب افريقيا.

(8) خشب عين الكتكوت Bird Eye Maple:

خشب عين الكتكوت يمتاز بغرابة لونه البني الذي يتداخل معها الاصفر والابيض ضمن ألياف دائرية مموجة، يستخدم في صناعة الخراطة وأثاث السفن، والاكثر يستخدم في استخراج القشرة الخشبية لجمال اليافه، يورد من مناطق كندا، وجاء اسمه التجاري (عين الكتكوت) من الحلقات الدائرية الصغيرة الموجودة في اليافه التي تشبه عين الطائر.

(9) خشب القرو Waiscet arks Wood:

من أنواعه الأخشاب المستخدمة بكثرة في أعمال النجارة والاثاث، له قابلية لمقاومة التأثيرات الجوية، ويستخدم في مقاومة المواد الكيماوية لاحتواءه على زيوت، وهو قابل للتشكيل والصقل والدهان.

تستخرج منه القشرة وخاصة النوع الصدفي الذي يحتوي على مناطق صدفية اللون ولامعة، يورد من انجلترا ونيوزيلاندا وأمريكيا الجنوبية والنمسا، الوانه متعددة فيها البني والبني المائل للاخضر.

(10) خشب السنديان Houy or Helm Wood:

يعتبر خشب السنديان من الأخشاب الصلبة جداً، ويستخدم في عمل العدد اليدوية المستخدمة مثل مقبض الفارة اليدوية وأيدي الشواكيش والدقماق، ألياقه مترابطة ومتقاربة، قابل للصقل والدهان، تستخرج منه القشرة بشكل قليل لوجود تشققات بين اليافه عند قص القشرة، يورد من امريكيا الجنوبية وبلاد الشام.

ثانيا: الأخشاب اللينة Soft Wood:

تأتي الصنوبريات (الخشب الابيض، الخشب الاصفر، الخشب الراتنجي) في مقدمة الأخشاب اللينة ذات الاستخدام الشائع في أعمال الديكور والاثاث البسيط، نظراً لتوفرها بكميات كبيرة وسهولة الحصول عليها لاثمانها المنخفضة ولسهولة التعامل معها وتشكيلها.

(1) الخشب الأبيض *White Pine Wood*:

هو خشب من الاشجار الابرية، رخو لونه مائل قليلاً للاصفر به عقد كثيرة، لذلك فهو قليل الاستعمال في قطع الاثاث، ويستخدم في حشوات الابواب وفي صناعة ألواح خشب اللاتيه وأعمال الطوبار وفي الانشاءات وله عدة أنواع منها وحسب تسمياتها التجارية...

(أ) خشب أبيض ورقة: يمكن الحصول منه على مراين رقيق، وهو غير قابل للصقل لكثرة عقده وافرازاتها الزيتية والاصماغ فيها.

(ب) خشب أبيض بندق: يمكن الحصول منها على مراين طويلة تصل إلى 4 متر، ويستخدم في القليل من الاعمال مثل أدوات المطبخ الخفيفة والخشب المكبوس.

(ج) خشب أبيض Latezana، يمكن الحصول منه على مراين سميكة، ويستخدم في أعمال الاثاث التجاري الرخيص الثمن.

(د) خشب أبيض بوينتيني: يعرف باسم خشب (تقليد) ويستخدم في القليل من الاعمال لعدم جودته ولكثرة احتواءه على العقد.

(ه) خشب أبيض مراين: أفضل من الانواع السابقة، يمكن الحصول على سماكات مختلفة، يستخدم في عمل عوارض وشبكات داخلية في القواطع والارضيات تحت الباركيه.

مميزات خشب الصنوبر الابيض:

مناسب السعر مقارنة مع الأخشاب الصلبة، متوفر بكميات كبيرة جداً، سهل التعامل معه والتشكيل، مناسب لكثير من الاعمال البسيطة، متوفر بأطوال وقياسات متنوعة، يورد من شمال وأواسط أوروبا وكندا ومناطق امريكيا الباردة.

(2) خشب الصنوبر الأصفر *Wood Yellow Pine*:

وهو يعرف باسم (خشب الموسكي أو السويد) وهو خشب ابري صميمي، لونه أبيض مائل للاصفرار وألياقه جميلة، يستعمل في كثير من قطع الاثاث والابواب والشبابيك، ولانه يحتوي على كمية كبيرة من الزيوت النباتية تجعله يتحمل

التقلبات الجوية، وهو رخيص الثمن ومتوفر بكميات كبيرة ويستخدم ايضاً في اعمال استديوهات التلفزيون والاعمال المسرحية وصناعة القواطع المؤقته، خالي من العقد مقارنة مع الصنوبر الابيض، له شكل جمالي وألياقه مموجة وقابل للدهانات الشفافة اللامعة والدهانات الساترة.

(3) خشب الصنوبر الراتنجي *Bith Pinw Wood* :

خشب ابري لونه مائل للاصفرار ألياقه جميله ويسمى (الخشب العزيزي) يستعمل في قطع الاثاث، ويتميز عن خشب السويد بأن له رائحة مميزة خاصة رائحة الصنوبر وذلك عند قصه، واستعمالاته مشابهة لاستعمالات السويد، ويستخدم كثيراً في أعمال النجارة المختلفة مثل القواطع الخشبية المتحركة والثابتة والشبابيك والاباجورات، وله مقاومة التأثيرات الجوية، وهو مرتفع الثمن عن الصنوبر الابيض والاصفر، وهو قابل للدهانات الشفافة اللامعة والدهانات الساترة. يورد هذا الخشب من مناطق الدول الروسية وبلاد بحر البلطيق وبعض الولايات المتحدة الامريكية.

(4) خشب الشوح:

خشب ابري ناضج، خفيف الوزن ويستعمل كطبقة من الخشب المعاكس، ألياقه لينة وقابل للانحناء، لونه أبيض مائل للصفرة يندر استخدامه في الاثاث لضعفه وهو رخيص الثمن وممزاته ان به مرونة عالية للانحناءات.

(5) خشب التنوب:

خشب ابري ناضج، لونه يميل إلى الاصفرار أو الابيض المائل للاحمرار ويستعمل في صناعة قشرة خشب المعاكس، منه النرويجي والاسكتلندي والكندي، ويستعمل في الاثاث البسيط وأشغال العمارة، لكنه غير متداول بشكل كبير.

(6) خشب الزيزفون:

خشب ابري طري جداً، يستعمل في أعمال صناعة خشب اللاتيه وخشب المعاكس، بالاضافة لعمل لوحات للرسم وألعاب الاطفال وذلك لخفة وزنه وليونته، لونه أبيض مصفر.

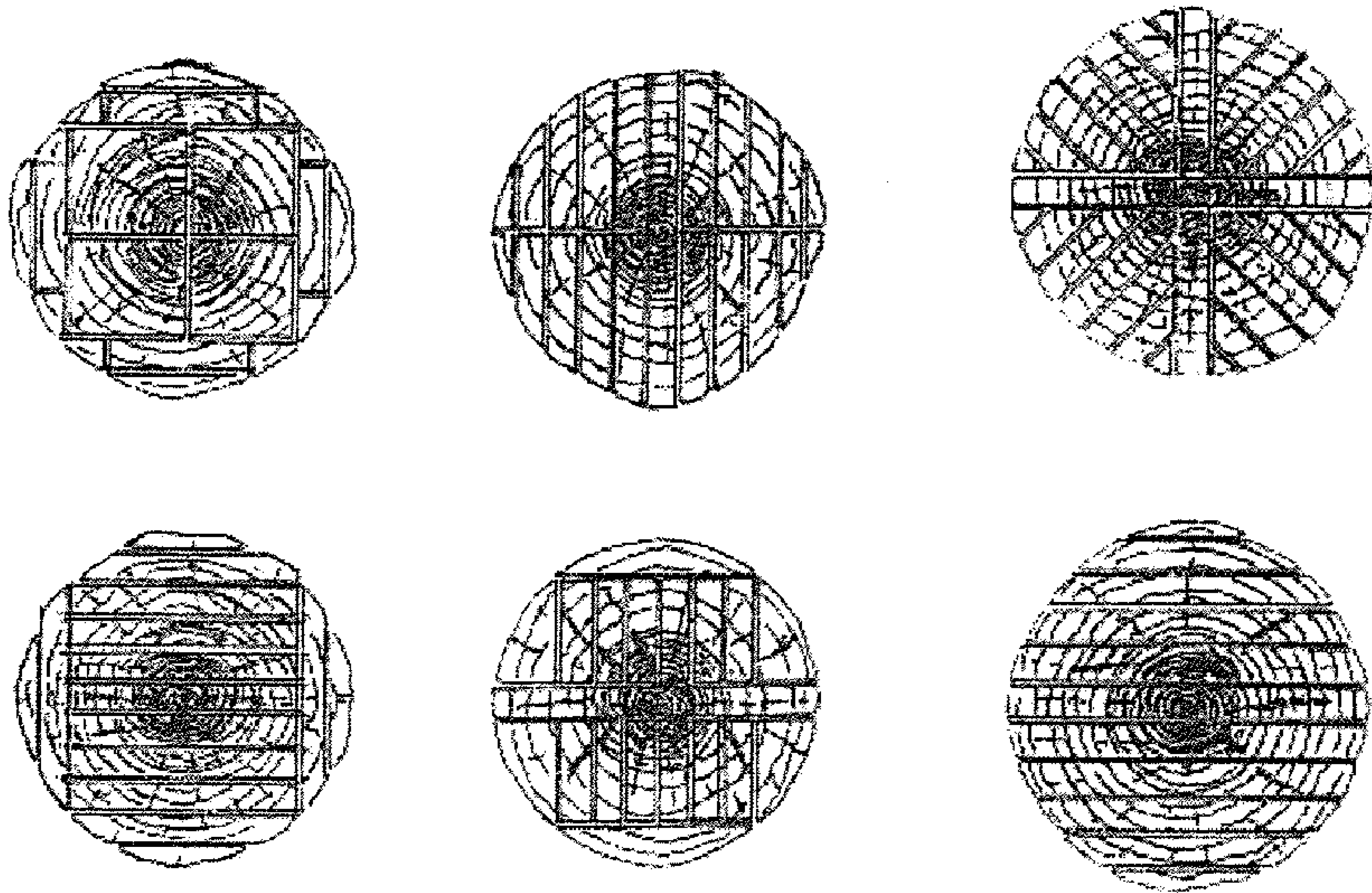
(7) خشب الحور:

هناك انواع كثيرة من خشب الحور، بعضها يصنف مع الأخشاب الصلبة وخاصة المتقاربة الالياف والداكنة اللون، والكثير منه لونه ابيض مائل للبني، منه الحور الروسي والحور الامريكي، وهو خشب اشجاره ورقية طرية تصل ارتفاع الشجرة إلى 40 متر، يستخدم في تصنيع العاب الاطفال ولوحات الرسم وصناعة أعواد الكبريت وعجينة الورق والكرتون، وبعض أعمال الاثاث، يورد من اوروبا وكندا والولايات المتحدة الامريكية.

تحويل الأشجار إلى كتل وألواح:

بعد تمام نضج الاشجار ومراقبتها جيداً أثناء النمو وتقليمها باستمرار لمنع ظهور العقد وحقنها ومعالجتها ضد الامراض التي قد تتعرض لها، لذلك تقطع هذه الاشجار بعد بلوغها السن المقررة.

ويلاحظ أنه من المهم التأكد من تمام نضجها لانه اذا قطعت قبل النضج تصاب الأخشاب بالتشقق والانفتال، واذا تعدت السن المقررة للنضج أصيبت الأخشاب بمرض الشيخوخة، ويتم القطع بواسطة البلطة اليدوية أو المناشير اليدوية والكهربائية، وبعد ذلك تقطع الفروع عنها ثم تقطع إلى اطوال مناسبة لسهولة النقل بعدة طرق منها (عربات السكك الحديد أو الانهار أو الشاحنات)، وترص في مناطق خاصة تحضيراً لقصها وشقها إلى ألواح وكتل ومراين وذلك كما يوضح الشكل التالي:



تقطيع الاشجار إلى ألواح وكتل ومراين

أسباب عيوب الأخشاب:

على الرغم من تعدد مزايا الأخشاب فإن هناك بعض العيوب التي يجب أخذها بالاعتبار عند استعمال الأخشاب كمادة بناء وتشكيل، وهذه العيوب لها عدة أسباب منها:

(1) تقطيع الأخشاب قبل موعدها للنضج أو تقطيعها بعد موعد النضج فتصاب بأمراض الشيخوخة.

(2) عدم إتمام عمليات التجفيف بالطرق السليمة.

(3) قلة الامطار وكثرة العواصف والصقيع.

(4) عدم مراقبة الاشجار أثناء نموها وعدم إجراء عمليات التقليم.

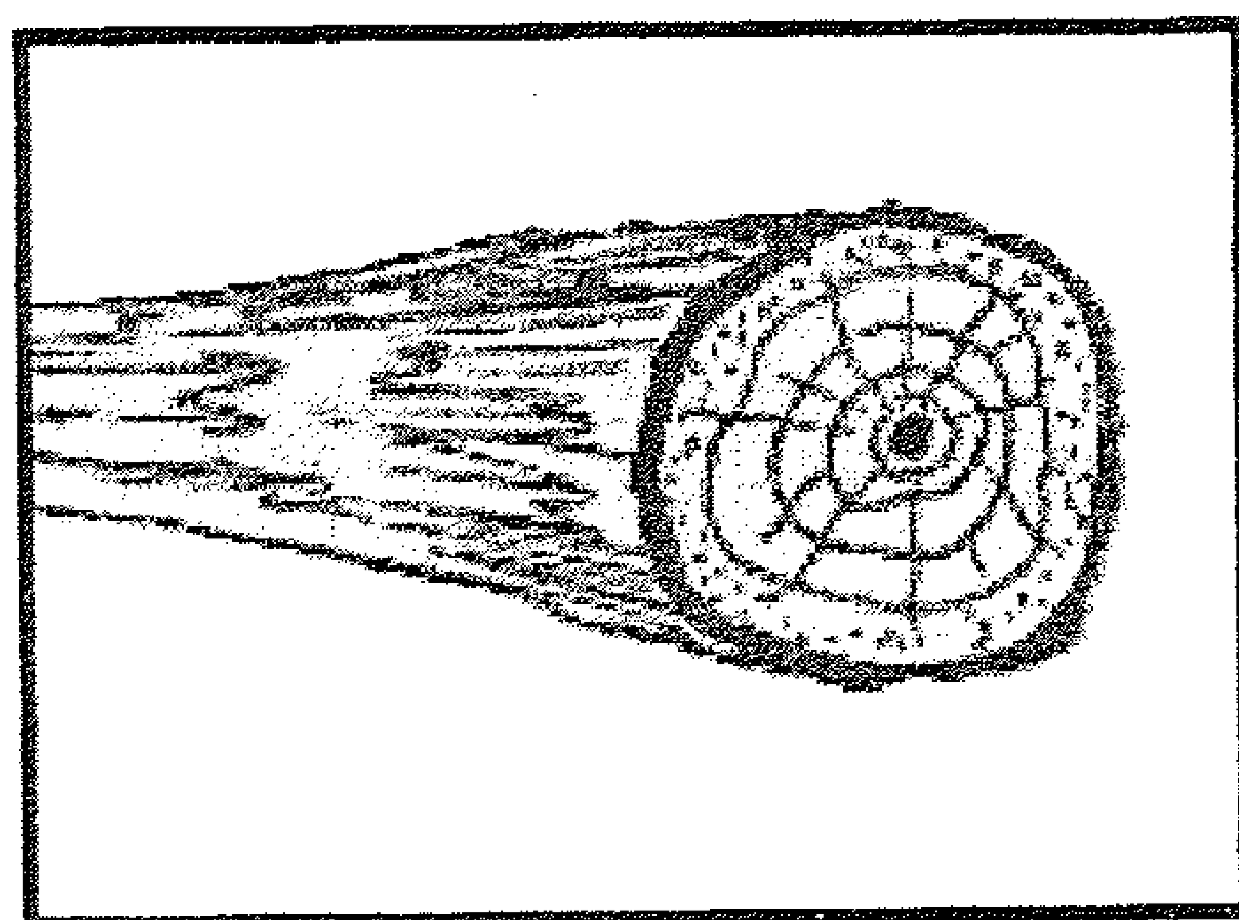
(5) عدم حفظ وتخزين الأخشاب بالشكل المناسب لحمايتها من الرطوبة والتسوس والجفاف الزائد.

(6) استخدام المواد الحافظة للاخشاب بطرق ونسب غير مناسبة.

أهم عيوب الأخشاب:

(1) عدم إنتظام مقطع الجذع (الجذع المسلوب) Cone Cut:

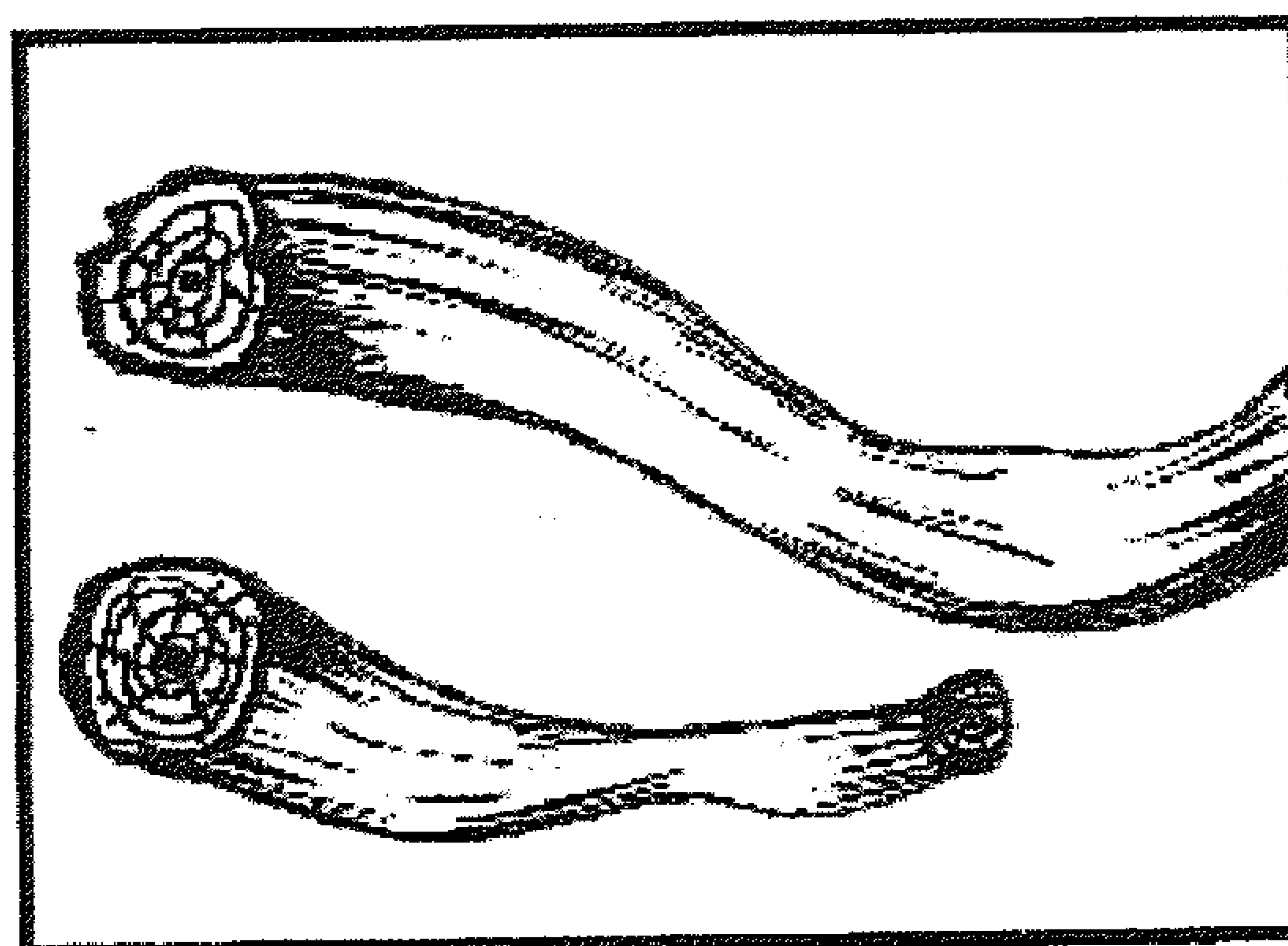
ويرجع هذا السبب إلى النمو غير الطبيعي خلال فترة نمو الشجرة وعدم وصول المادة الغذائية بالشكل المناسب، حيث يكون أسفل الشجرة ذا مقطع عريض ويصغر من الاعلى وهذا موجود في جميع الاصناف لكن بنسب متفاوتة، واذا زادت نسبة الانخفاض عن السنتيمتر لكل متر طولي فتصبح الأخشاب عديمة الانتظام في المقطع، كما في الشكل التالي:



(2) الجذع الملتوي/المفتول Bending:

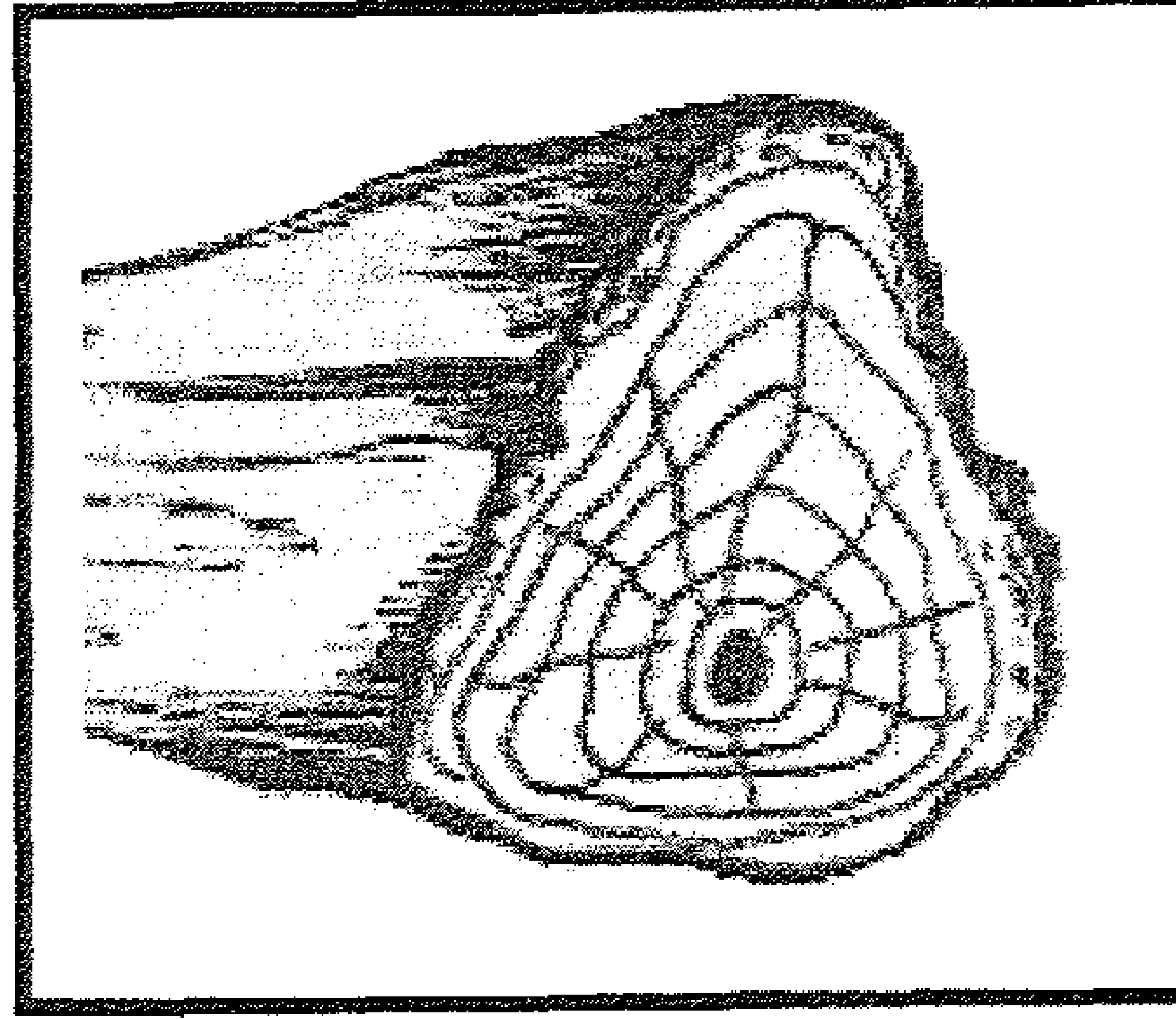
ويحدث هذا الالتواء من الجذع كله أي من أول الجذع حتى نهايته، فهو لا يصلح للأعمال الكبيرة لذلك يتم تقطيعه إلى اجزاء صغيرة تفيد بعض أنواع المشغولات الصغيرة، وهو ناتج عن حركات الرياح السريعة والفجائية.

كما في الشكل التالي:



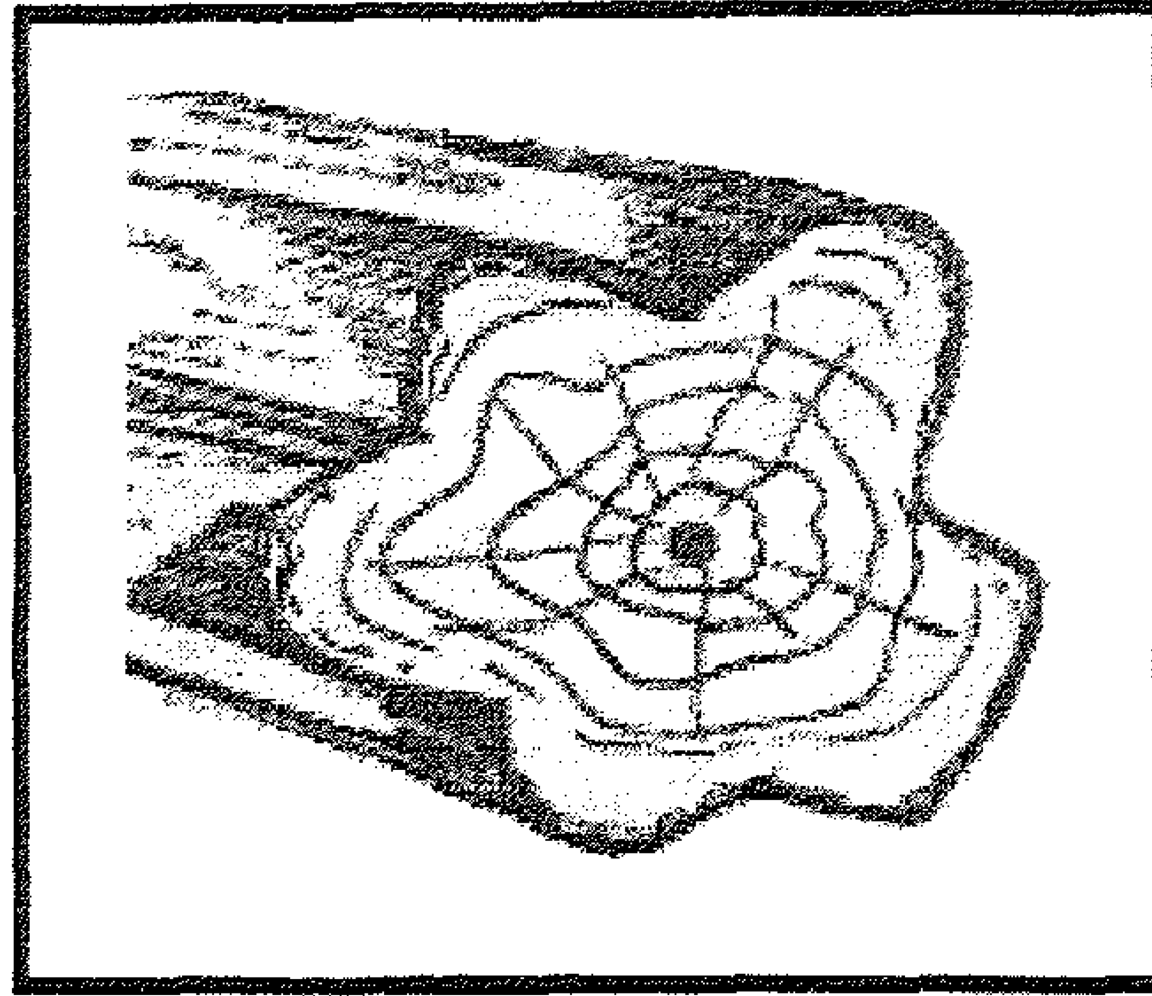
(3) النمو الغير المتمركز/الانبعاج Warping:

في هذه الحالة يكون لب الأخشاب قد نما بعيداً عن محور الشجرة على شكل بيضاوي وذلك نتيجة خلل في توزيع المادة الغذائية للمحيط بالإضافة لوجود ضغط معين من احدى جهات الشجرة، كما في الشكل التالي:



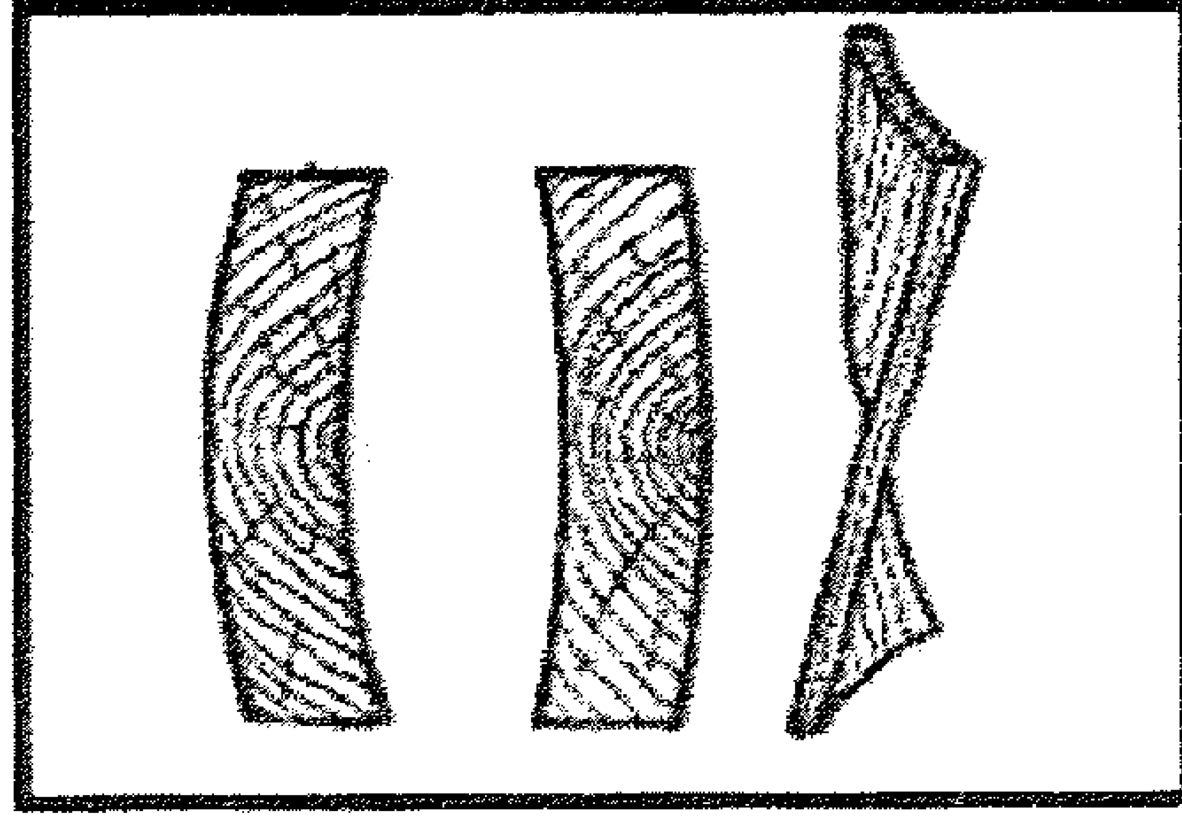
(4) تموج الحلقات السنوية Rings Wave:

تنمو الحلقات السنوية بأشكال مختلفة، حيث تبدو كالنجمة وباتجاهات مختلفة، كما تظهر على شكل ارتفاعات وانخفاضات في محيط الشجرة، مما يؤدي لعدم الاستفادة من الأخشاب بالكامل، كما في الشكل التالي:



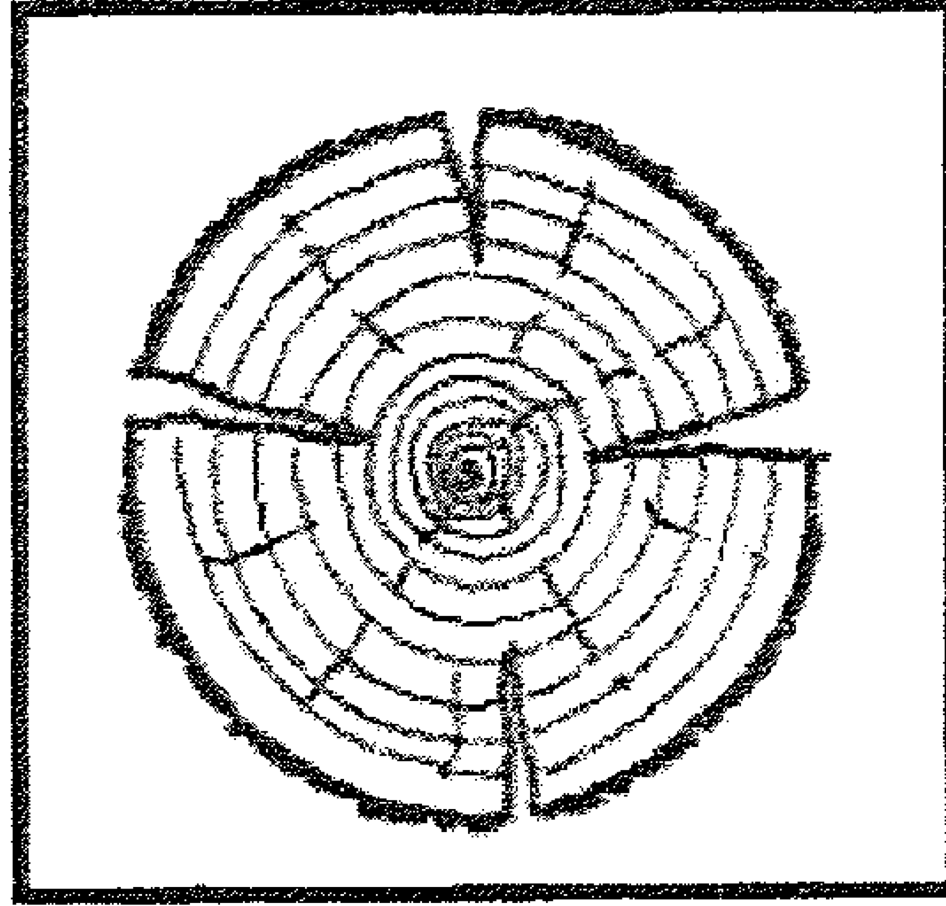
(5) النمو الحلزوني Speral Grouth:

في هذه الحالة لا تنمو ألياف الخشب في اتجاه رأسي مستقيم، ولكنها تدور حول الجذع في خطوط حلزونية أثناء عملية النمو وهذا ينتج عنها ألواح خشبية مفتولة غير معتدلة كما في الشكل التالي:



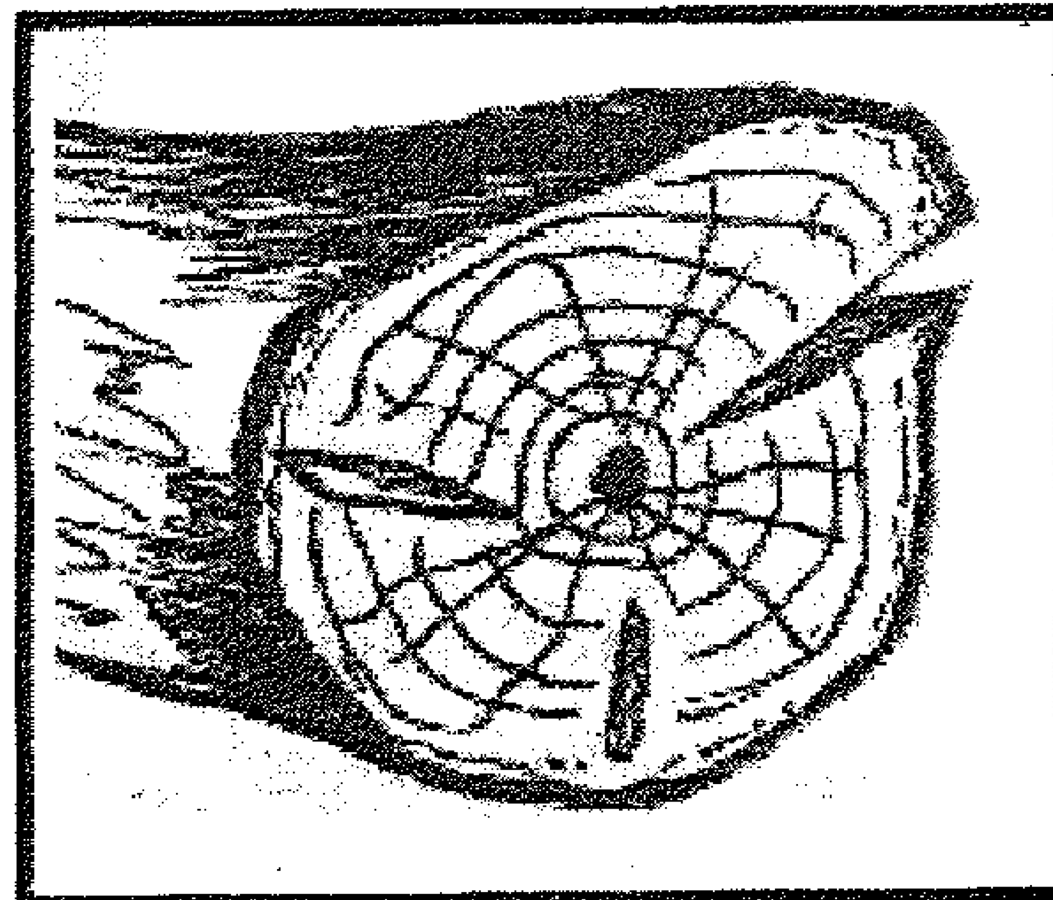
(6) الشقوق الموسمية السطحية Surface Checks

هذه الشقوق تظهر على جذع الاشجار نتيجة الجفاف الغير طبيعي، ويكون جفاف سريع وتظهر على شكل تصدعات وشقوق سطحية بأشكال وأماكن مختلفة من الجذع ولها عمق مختلف من شق إلى آخر، كما في الشكل التالي:



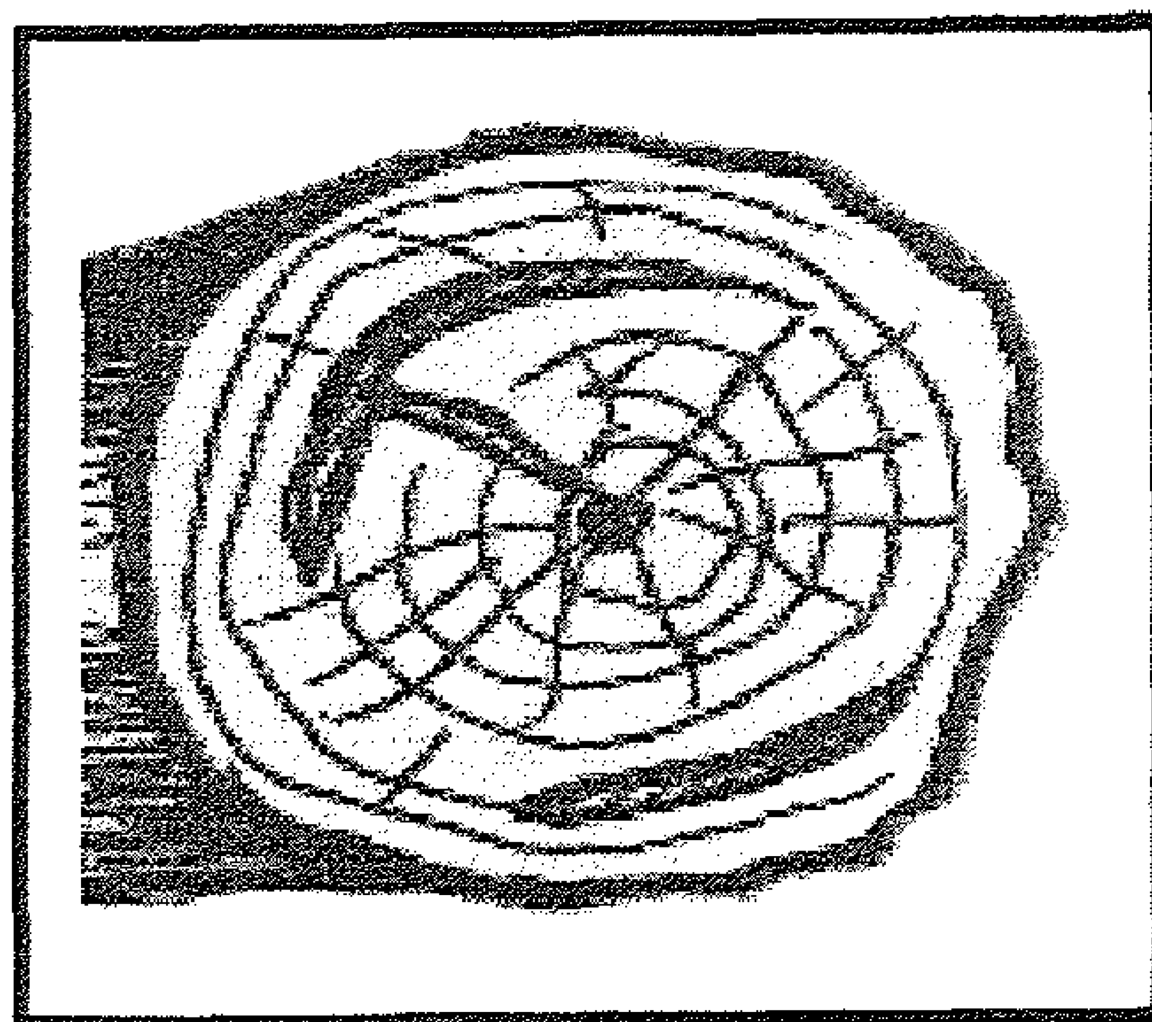
(7) شقوق ونتوءات الصقيع Radial Shecks:

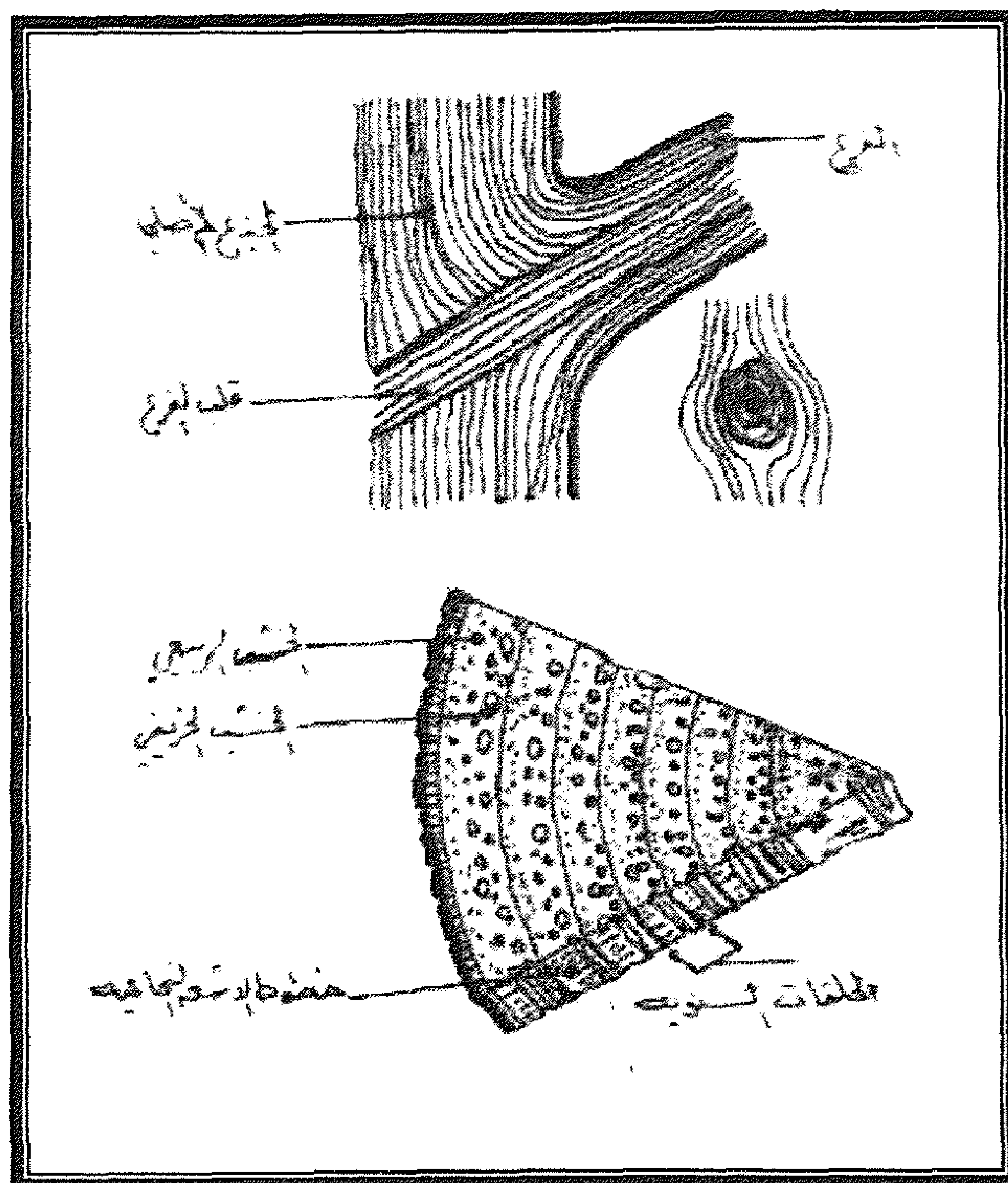
وهذه الشقوق تظهر على جذع الشجرة نتيجة انخفاض درجات الحرارة تحت الصفر، ونتيجة موجات الصقيع في جو برده قارص وخلال فترات مختلفة، وتصل هذه الشقوق من بداية القشرة وحتى تصل القلب، فتظهر الاشجار على شكل جذوع متماسكة تمنع الحصول على مراين سميكة من الخشب وذلك كما في الشكل التالي:



(8) الشقوق الحلقية والقلبية/الرضوض Rings Checks:

تنتج الشقوق الحلقية في الحلقات السنوية، والقلبية في خشب القلب عندما تتعرض جذوع الاشجار لقوى شد عنيفة، وذلك عند هبوب رياح قوية وعواصف، فتنتج شقوق نصف قطرية تتجه من منطقة القلب حتى تصل إلى منطقة القشرة، وشقوق أخرى تكون في اتجاه الحلقات السنوية مسببة ضعف وشق بها، كما في الشكل التالي:





(9) العقد الخبيثة Knots:

تنمو العقد في الاشجار نتيجة توالد ونمو الاغصان وقطعها قبل نموها وهي من العيوب البسيطة في الأخشاب، فإذا كانت العقد صغيرة وملتصقة بالخشب فلا خوف منها، واذا كانت كبيرة فانها تنفصل من الخشب عند عمليات المسح واستخدام الخشب، وتسمى هذه العقد بالعقد الخبيثة.

(10) التعفن Contamination:

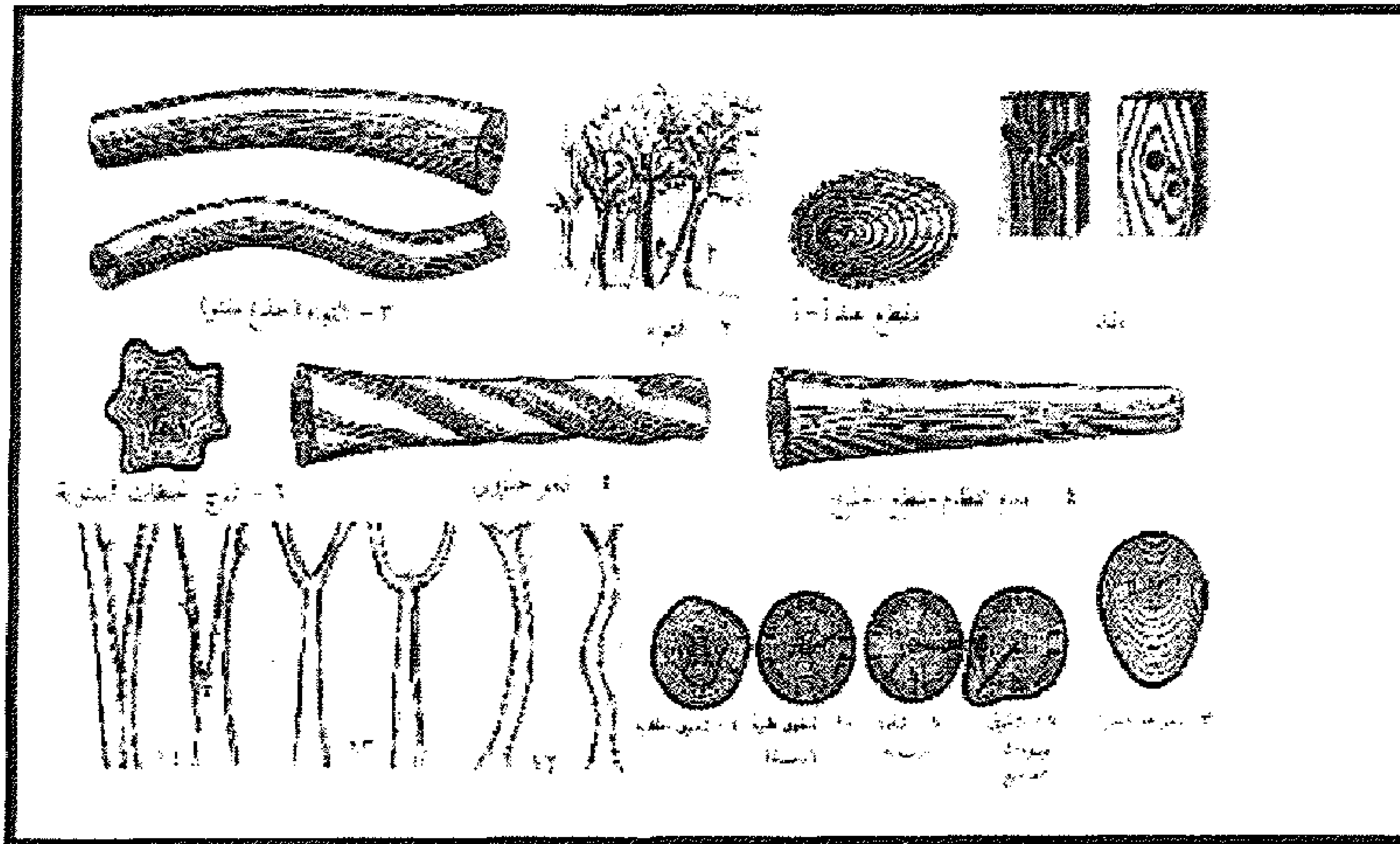
وهو ينشأ من تحلل المواد الزلالية في الاشجار، وينقسم لنوعين هما:

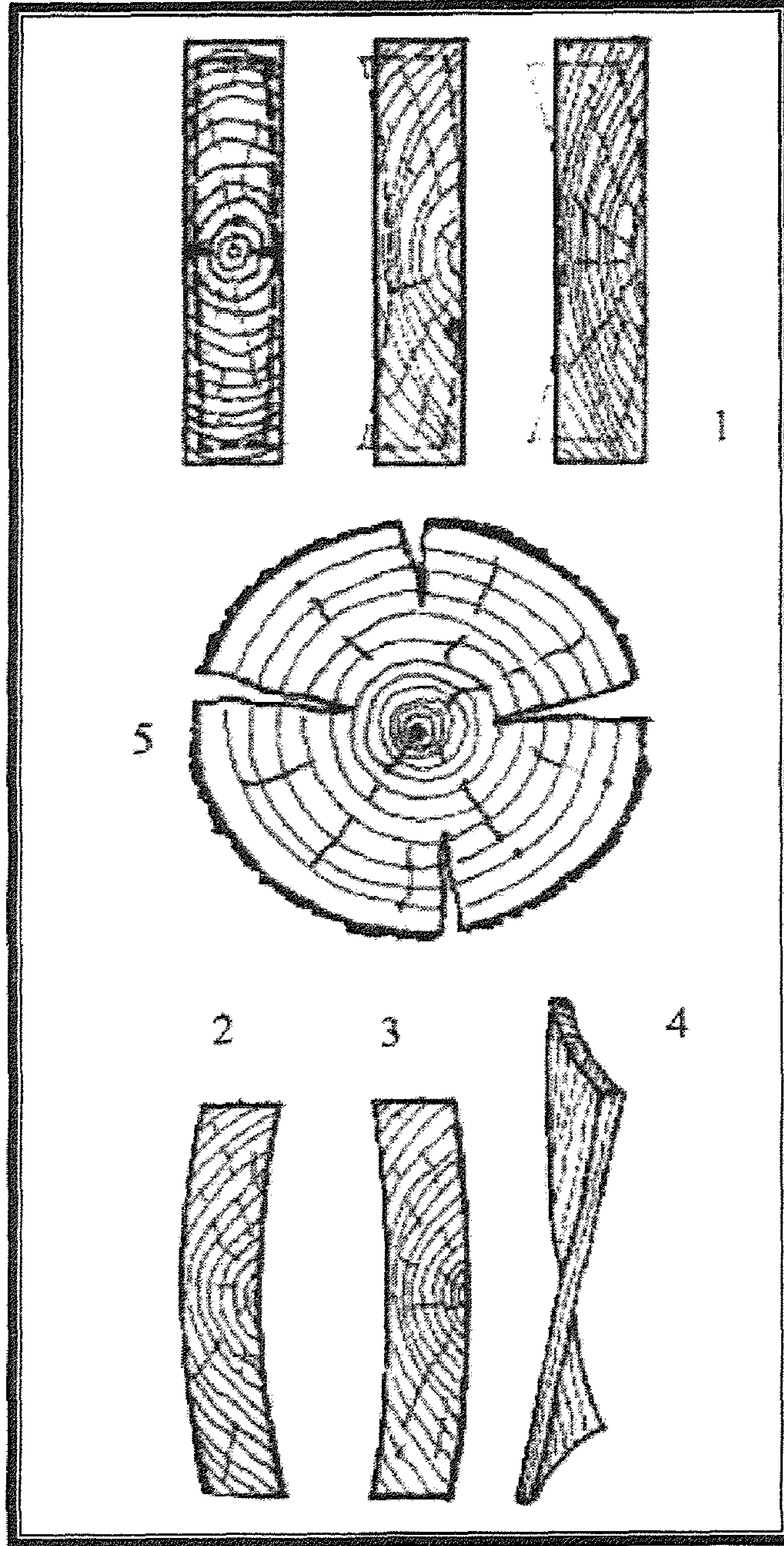
(أ) التعفن الجاف ويسمى التسوس Dry Contamination:

ويحدث في الأخشاب رديئة التجفيف، من علاماته الرائحة الغريبة والمميزة والتغير في اللون وتحول جزء من الخشب إلى أتربة وفتات، وهذا يحدث نتيجة عدم تجديد الهواء الجوي ومن بعض أنواع من الحشرات.

(ب) التعفن الرطب Wet Contamination:

ويحدث بسبب زيادة نسبة الرطوبة في الأخشاب وتعرضها لمصدر رطوبة وهو يصيب الاشجار المقطوعة حديثاً، ومن علاماته تغير لون الخشب حيث يميل إلى اللون القاتم.





الشكل يوضح العيوب التي تحدث أثناء عملية التجفيف:

1. التقوس 2. التمدد 3. الانكماش

4. الالتواء 5. التشقق

صيانة الأخشاب:

يجب قبل اجراء معالجة الأخشاب حديثة القطع بالمواد الكيماوية تقشير الخشب ثم تجفيفه بالهواء لان وجود رطوبة عالية قد يعوق دخول المواد الحافظة وقد يتم التجفيف صناعياً بالتسخين ثم يخلخل الهواء جزءاً من الرطوبة، ويستحسن إجراء معالجات بعد تقطيع الأخشاب، وتكون الأخشاب عرضة لهجمات الطفيليات والحشرات الضارة والبكتيريا والنخارات، وخاصة التي في العراء تكون أكثر عرضة لهذه الهجمات.

ويجب أن يتوفر في هذه المواد صفات عامة أهمها:

(1) لها تأثير سام على الكائنات الحية التي تتلف الخشب.

(2) أن تكون ثابتة لا تتحلل بسهولة.

(3) أن تكون قادرة على تحلل الأخشاب.

(4) أن تكون سهلة التداول بأمان ولا تضر الأخشاب، وغير مؤثرة على تآكل المعادن ولا تغير لون الخشب.

طرق صيانة الأخشاب:

هناك عدة طرق مختلفة لصيانة الأخشاب وحمايتها لتدوم طويلاً منها:

(1) حقن الأخشاب بالمواد الزيتية:

هذه الطريقة تعتمد على إدخال سوائل درجة غليانها أكبر من درجة غليان الماء داخل مسامات الأخشاب، كبعض أنواع الزيوت والقطران مثل (كريوزوت قار الفحم، ومحاليل الكريوزوت مع الفحم والبترول) ويتم ذلك بغلي الأخشاب في حمام الزيت، وتستخرج الأخشاب منه بعد أن تحل السوائل الجديدة الزيتية محل الماء الموجود في داخل الأخشاب الذي يتبخر نتيجة الحرارة العالية، وذلك لمدة (15 دقيقة) وتكون الطبقة الزيتية حوالي 1/8 من البوصة، وتكون فترة العلاج والحماية من (2. 4 سنوات).

(2) حقن الأخشاب بالمواد الكيماوية:

تعتمد هذه الطريقة على ادخال وحقن الأخشاب بمحاليل كيميائية من مركبات مثل (كبريتات النحاس، كبريتات الحديد، بالاضافة للزنك والكروم والزرنيخ) وذلك عن طريق تفريغ الهواء من مسامات الأخشاب بواسطة مضخات هوائية خاصة لسحب الهواء ليحل محلها المواد الكيماوية وذلك لمدة تتراوح (من اسبوع حتى اسبوعين).

(3) العلاج بالطلاء (الدهان بالفرشاة أو الرش):

وهو يتم عن طريق دهان الاسطح الخشبية بأنواع الدهانات المختلفة أكثر من وجه أو عن طريق رش الدهانات الخاصة، ويكون عمق الطبقة المعالجة من الدهانات حوالي 1/16 من البوصة، ولكن هذه الطريقة لا تمنع الاصابات الداخلية وتعطي حماية (1. 3 سنوات) ومن اشهر هذه الدهانات السلاقون.

(4) العلاج بالتفحيم:

تستعمل هذه الطريقة للاخشاب المراد دفنها في الارض مثل أعمدة الهاتف وبعض أعمدة وركائز البناء الخشبي، حيث يتم احراق الجزء المراد دفنه حتى يتفحم ويغمس بمواد زيتية ثم يتم وضعه في الارض ويدفن.

(5) تحضير الأخشاب للمناعة ضد الحريق:

وهو عن طريق استخدام محلول يتركب من (كبريتات الزنك والبوتاس وأكسيد المنغنيز وحامض الكبريتيك والماء)، ثم يسخن الماء وتضاف اليه المواد الكيماوية، وهي صلبة، وبعد ذوبانها يضاف اليها حامض الكبريتيك بالتدريج وتغلى الأخشاب مع هذا المحلول في أحواض لمدة ثلاث ساعات ثم تترك لتجف.

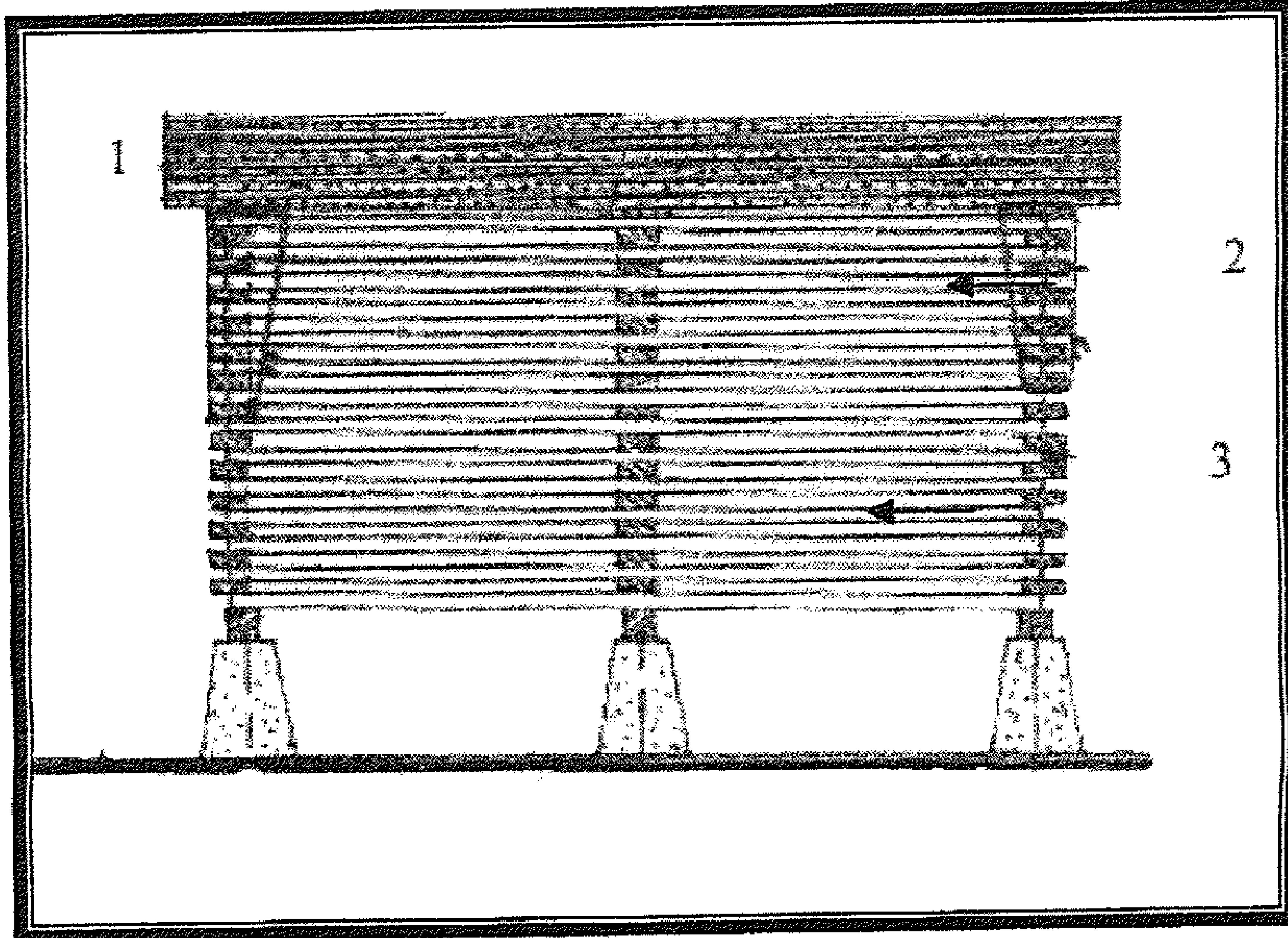
(6) طريقة علاج العقد الخشبية:

وهي طريقة للتخلص من العقد الخشبية وخاصة العقد الميتة وذلك بعمل ثقب مساوي لقطر العقدة أو أكبر قليلاً وتنزع العقدة ونأتي بقطعة مساوية تماماً لحجم ونفس نوع الخشب، يتم تغريتها ووضعها في الثقب الموجود مكان العقد.

وتـتم هـذه العمليـة بواسـطة اسـتعمال المقـدح وريشـتين احـدهما تكـون اسـطوانية الشـكل ومفرغـة مـن الـداخل ليـتم الحصـول علـى قطعـة دائريـة لوضـعها مكـان العقـدة والريشـة الثانيـة تكون دائريـة وتشبة ريشـة المفصـلات وتسـتعمل لازالـة العقد.

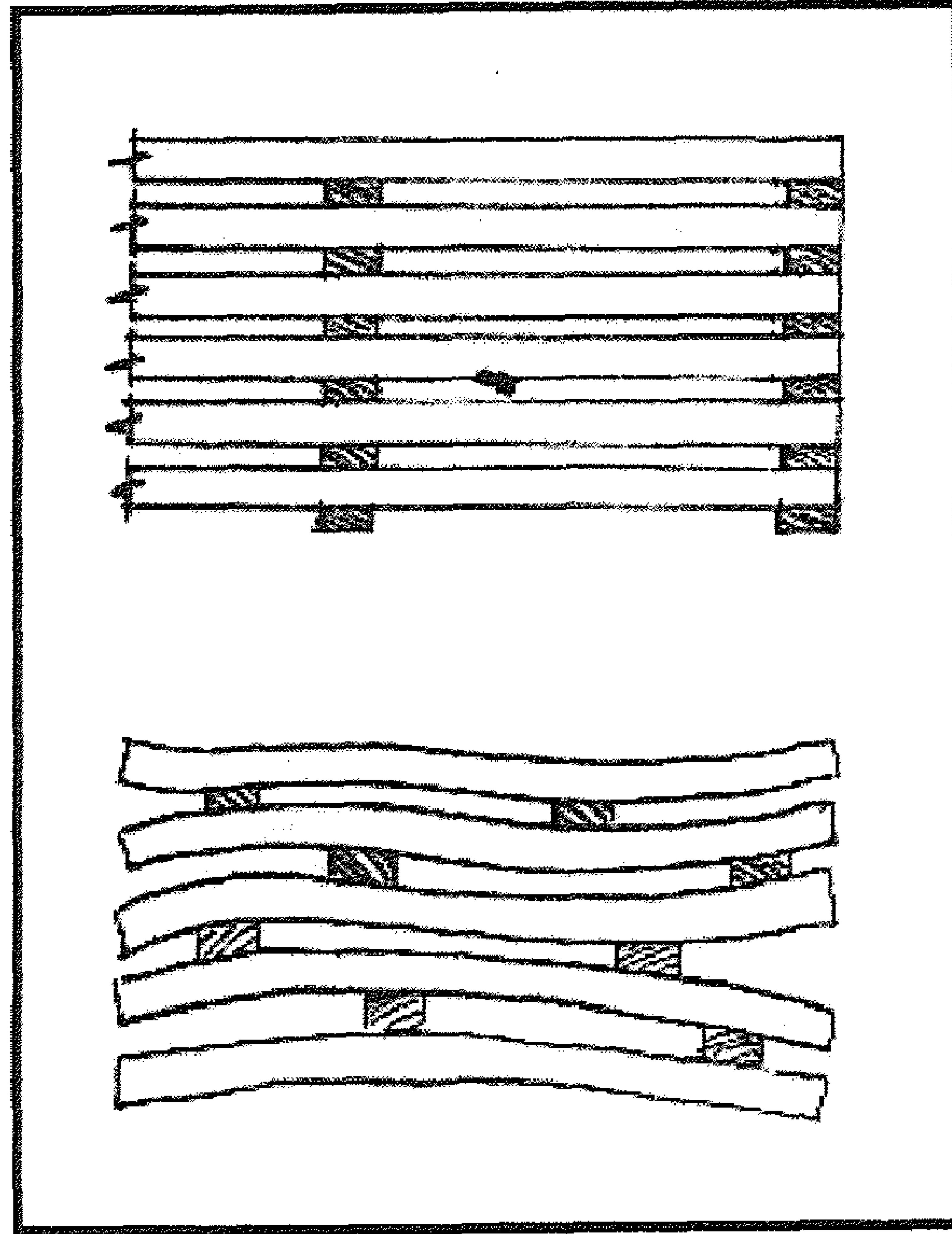
تخزين الأخشاب:

يقتضي التخزين السليم للاخشاب ورصها بنظام معين وذلك ليس لدواعي الترتيب والنظام فحسب بل لضمان سلامة الأخشاب أولاً، حيث أن سوء التخزين في الخشب يعرضه إلى عوامل الفتل والانحناء والتقوس، واحيانا إلى بعض الامراض، ويراعى ايضاً في أعمال التخزين أن يكون مكان التخزين نظيفاً وجافاً وترص فرشات من جذوع الشجر أو قوالب طوب أو دعامات خرسانية وذلك لرفع الأخشاب عن الارض، ويراعى أثناء رص الأخشاب أن تترك فراغات بين الأخشاب للسماح للهواء بالدخول إلى جميع الأخشاب، وعند رص الأخشاب يجب رص كل نوع خشب وكل قياس، خاصة السماكة في رصة واحدة، ثم تغطى الرصة كلها من أعلى بأغطية مانعة للرطوبة والامطار وأشعة الشمس، والشكل التالي يوضح ذلك:



طريقة الرص بشكل مرتب على قواعد اسمنتية وسقف مغلق في التجفيف الطبيعي:

1. مظله السقف 2. القدد الخشبية 3. الألواح



الشكل يبين الفرق بين طريقة الرص الصحيحة والغير صحيحة

تجفيف الأخشاب:

من المعروف أن الأخشاب بحالتها الطبيعية الاولى (أي بعد قطعها من الغابات) لا تصلح للاستعمال مباشرة نظرا لانها تحمل في حلقاتها السنوية بقايا المواد الغذائية المتبقية بعد القطع والتي تسبب بتركها بين الحلقات السنوية كثيراً من الامراض التي تصيب الأخشاب فيما بعد، مثل التعفن والتسوس وغير ذلك مما يسبب سرعة القضاء على الأخشاب وضعف مقاومته لعوامل الطبيعة المتعددة، فلا بد من إجراء عمليات طرد لهذه المواد المتخلفة من الأخشاب حتى يمكن أن يعيش الخشب أكبر فترة زمنية ممكنة دون التعرض للامراض المختلفة، كذلك يمكن اجراء العمليات الصناعية عليها دون التعرض لأية صعوبات تواجه الصانع أو العامل عند التشغيل.

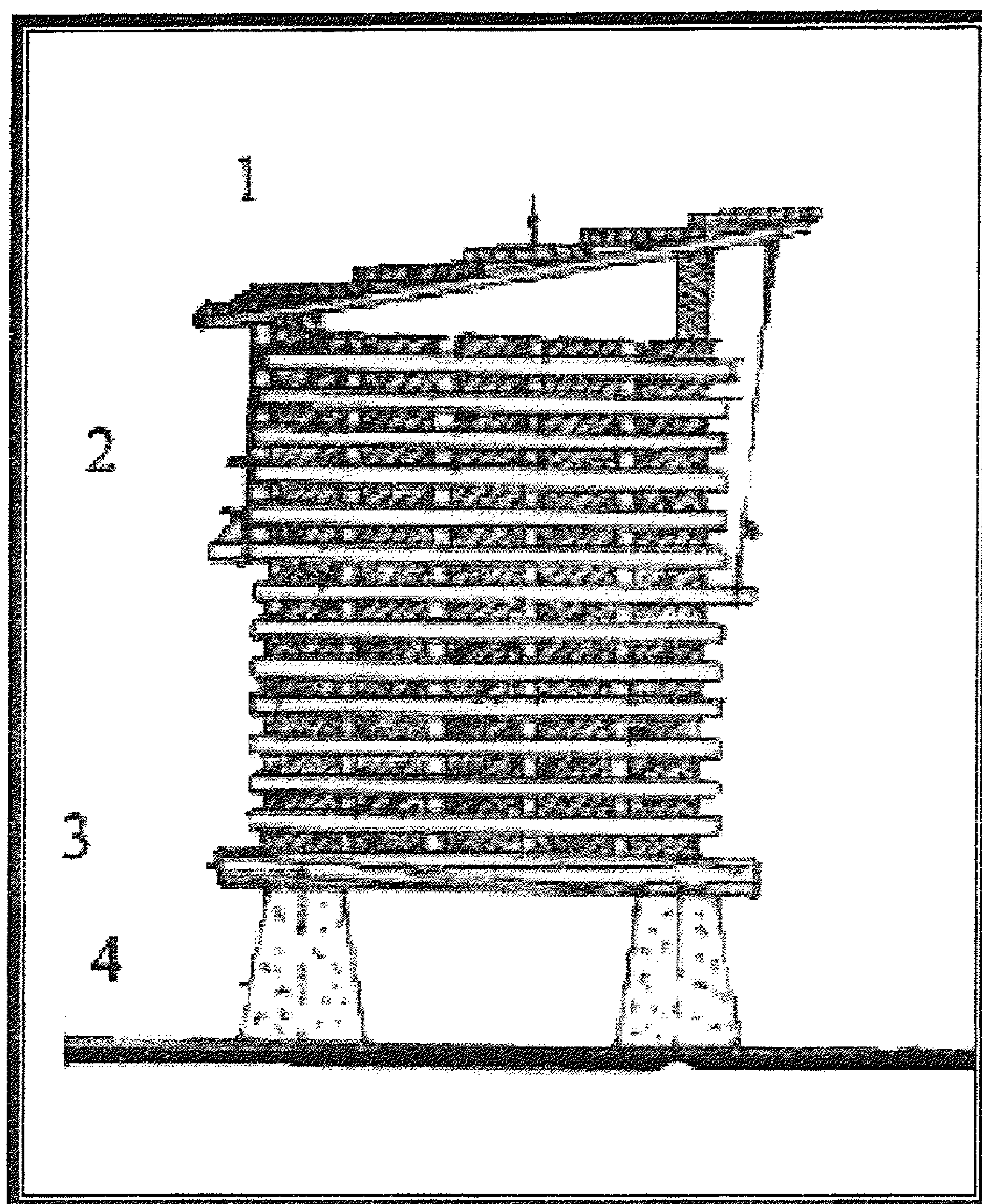
وتنقسم طرق تجفيف الأخشاب إلى طريقتين احداهما طبيعية والاخرى صناعية.

أولا: التجفيف الطبيعي *Natural Draying*:

تقوم هذ الطريقة بتقديم جذوع الاشجار إلى مناشير كبيرة تقوم بشق هذه الجذوع إلى ألواح أو كتل متساوية العرض والسمك، وذلك بعد إزالة اللحاء الخارجي للشجرة بواسطة سكاكين أو مقاشط تقوم بقشط اللحاء، ثم بعد ذلك ترص هذه الكتل أو الألواح تحت جمالونات، كل على حده أي أنه يراعى أن تكون من نفس نوع الخشب ومقاساتها واحدة ومتساوية، ويراعى في الرصة أن توضع بين الألواح لقم أو قطع من الخشب للتأكد من مرور تيار الهواء وتخلله لجميع اجزاء الرصة حتى يتعرض كل اسطح الخشب لظروف مناخية واحدة، كما أنه يراعى أن يكون الجمالون الموجود داخل الرصة مفتوح من جميع الجهات أي عبارة عن سقف فقط على مجموعة أعمدة، وتصنع هذه الاعمدة عادتاً من الأخشاب الصلبة ذات السماكات الكبيرة لتحمل السقف.

توضع هذه الأخشاب تحت الجمالونات وتترك مدة تتراوح (6 أشهر حتى العامين) وذلك حسب نوع الأخشاب، فكلما كان الخشب صلباً مثل البلوط والبلسندر والتيك.... كلما احتاج لمدة أطول في عملية التجفيف بعكس الأخشاب اللينة لاتحتاج لفترات طويلة، وذلك بسبب تفتح المسامات في الأخشاب اللينة وتجف بسرعة، ويجب مرور جميع الظروف الجوية من صيف وشتاء وربيع وخريف على الاشجار خلال تجفيفها لتتأقلم مع جميع الظروف الجوية.

ويجب ملاحظة معرفة مكان تصدير الأخشاب وذلك ليتم تلائمها مع الجو الذي سيستخدم به الخشب من جو حار أو بارد ليتفق مع ظروف البلد ليدوم فترات زمنية طويلة، واذا كانت الأخشاب ستصدر إلى بلد باردة ورطبة فيتم تعريض الأخشاب إلى جو رطب مدة أكبر مثل صيف واحد وشتويتين وهكذا.



طريقة رص ألواح الأخشاب تحت الجمالونات في التجفيف الطبيعي

مميزات التجفيف الطبيعي:

(1) ضمان كبير للحصول على أخشاب جيدة الجفاف خالية من المواد الغذائية قد تعرضها للامراض.

(2) الحصول على أخشاب جيدة الصحة والمعنى المقصود هنا أن الأخشاب لم تتعرض لظروف غير طبيعية لا يؤثر إطلاقاً في لون الخشب فيجعله باهتاً كما يحدث غالباً في التجفيف الصناعي.

عيوب التجفيف الطبيعي:

(1) البطء الشديد في عملية التجفيف فقد تصل مدة التجفيف الجيد إلى عامين، يترك خلالهما الخشب داخل الجمالونات قبل صلاحيته للتصدير والتشغيل.

(2) حاجة المصانع الخاصة بالتجفيف الطبيعي إلى مساحات شاسعة لعمل جمالونات لبطء الانتاج وحاجته إلى فترة زمنية طويلة،

وهناك اسباب هامة تؤدي إلى استخدام التجفيف الطبيعي كوسيلة للحصول على أخشاب صالحة للتشغيل في أعمال الاثاث والديكور منه الحصول على أخشاب أكثر صلاحية، وخاصة أن هذه الاعمال تجري على الأخشاب الثمينة مثل البلسندر والابانوس والمهاجوني.

بالاضافة لعدم توفر الامكانيات لاجراء عمليات التجفيف الصناعي عند بعض الدول النامية لان انشاء مصانع تجفيف صناعي على نمط مستحدث تحتاج لتكاليف باهظة الثمن، لذلك التجفيف الطبيعي هو الغالب في معظم الدول النامية مثل (السودان، غانا، سنغافورة، الهند، بعض دول امريكيا اللاتينية).

ثانيا: التجفيف الصناعي *Artificial Draying*:

هناك طرق كثيرة للحصول على أخشاب صالحة للاستخدام بواسطة التجفيف الصناعي وهي الطريقة الاسرع في عمليات التجفيف التي تجري على الأخشاب بعد شقها إلى ألواح وكتل مثلما يحدث في عملية التجفيف الطبيعي ولجأ العلماء والقائمون على صناعة الأخشاب إلى تلك الطرق لسرعة امداد الاسواق العالمية بالقدر الكافي من الأخشاب، وذلك نظراً لطول مدة التجفيف الطبيعي، وهناك عدة طرق صناعية أهمها:

(1) طريقة الهواء الساخن.

(2) طريقة الماء المغلي.

(3) الطريقة المزدوجة (طريقة ماكنيل Maknel).

أولا: طريقة التجفيف بالهواء الساخن:

تتم هذه الطريقة في الخطوات التالية:

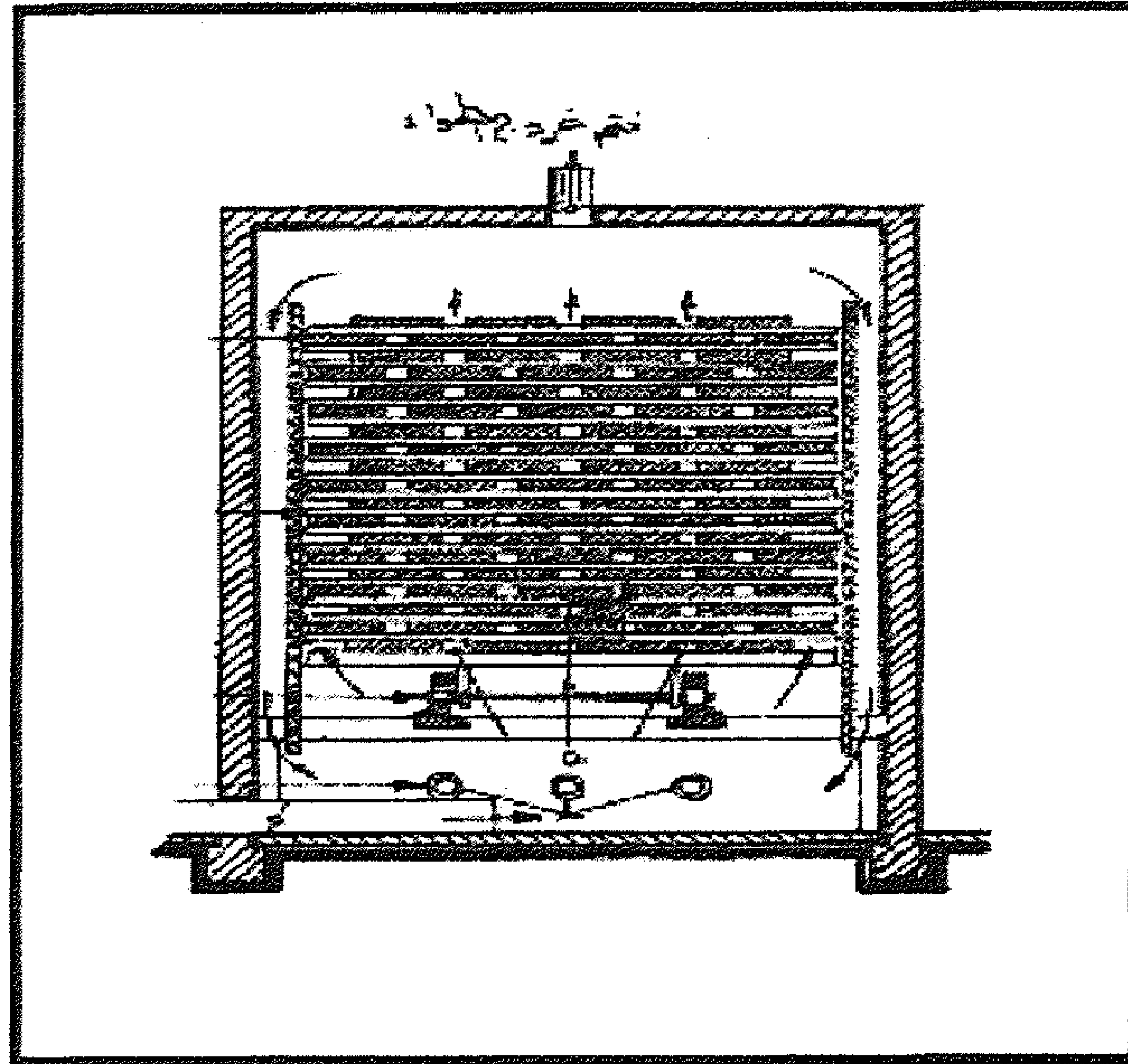
(1) تشق جذوع الاشجار إلى كتل ومراين وألواح ذات سماكة وعرض واحد، كذلك يراعى أن يكون الخشب من نوع واحد الأخشاب الصلبة أو اللينة.

(2) توضع كميات الأخشاب سواء كانت كتل أو ألواح داخل أحواض من الماء الجاري بسرعة حتى تتخلص الأخشاب من المواد الراتنجية الموجودة بين خلايا

ومسامات الشجرة، لأن هذه المواد تسبب الامراض للاخشاب فيما بعد وعلى الفترات الطويلة.

(3) توضع القطع الخشبية بعد غسلها بالماء للتأكد من تخلصها من المواد الغذائية الراتنجية في داخل عنابر مصنوعة ومبنية من الطوب الحراري العازل، حيث يسلط عليها تيار من الهواء الساخن بواسطة انابيب منتشرة في جميع انحاء العنبر، فيتخلل هذا الهواء الساخن مسامات الخشب ويعمل على التخلص من بقايا المواد الغذائية، وتحسب مدة بقاء الخشب في العنبر حسب سماكة ونوع الخشب، حيث أن الصنوبريات تحتاج (12 . 48) ساعة والأخشاب الصلبة تحتاج فترة اطول من ذلك.

(4) يلاحظ بعد اعطاء الخشب الكمية اللازمة من الهواء الساخن عدم تعرضها لتيار هواء بارد مفاجىء، ويجب تقليل درجة حرارة الهواء الساخن تدريجياً حتى يصبح العنبر مساوٍ لدرجة حرارة الجو العادي، ثم تنقل كتل وألواح الخشب بعد ذلك إلى خارج العنبر، والهدف من تقليل درجة الحرارة تدريجياً لكي لايحدث تشقق أو التواء في الخشب نتيجة الهواء البارد المفاجىء.



فرن التجفيف بالهواء الساخن

عيوب طريقة التجفيف بالهواء الساخن:

(1) الكلفة العالية للمحافظة على درجات حرارة عالية وثابتة.

(2) الكلفة العالية في انشاء عنابر أفران التجفيف الكبيرة.

(3) إصابة الأخشاب أحياناً في الاحتراق أو التصلب ويسمى (التفحيم) وذلك نتيجة تعرضه المباشر لكميات كبيرة من الهواء الساخن أكثر من أجزاء أخرى.

ويمكن تقسيم أفران التجفيف إلى نوعين (الاول يسمى ذو المقصورة ويتسع لمرة واحدة ثم يفرغ، والنوع الثاني يسمى المتتالي وتوضع الأخشاب على عربات متحركة لسهولة ادخالها من باب العنبر واخراجها من باب آخر لتكون العربات متتالية وراء بعضها البعض).

ثانيا: طريقة التجفيف بالماء المغلي:

(1) يتم تجهيز الألواح أو الكتل الخشبية بعد شقها كما في الطريقة السابقة مع التأكد من اختيار المقاسات والانواع كل على حده.

(2) توضع هذه الأخشاب في داخل احواض ويسلط عليها تيار متدفق من الماء المغلي بشكل مستمر، وهذا التيار يتخلل مسام الخشب، ويقوم بطرد المواد الغذائية الموجودة بداخل مسام الخشب، وتترك هذه الأخشاب مدة معينة تتخلص من هذه المواد وهي (المواد الغذائية الراتنجية)، وتتوقف مدة بقاء الأخشاب تبعاً لسماكة وكبر حجم القطع الخشبية.

(3) بعد ذلك تخرج هذه الأخشاب من الاحواض وتنشر في مناشير أو جمالونات في الهواء الطلق لتتخلص من المياه المتبقية في مسام الخشب وتتوقف مدة بقائها في الجمالونات تبعاً لسماكاتها وحجمها.

عيوب طريقة التجفيف بالماء المغلي:

(1) التكاليف الباهظة التي تحتاجها لانتاج مياه ساخنة متدفقة بقوة ومستمرة معاً، يستدعي كميات هائلة من الماء والوقود لغليان الماء

(2) يفقد الخشب جزءاً من لونه ويصبح باهتاً وذلك لبقائه فترة طويلة في الماء المغلي.

(3) يفقد الخشب بعضاً من قوته ومقاومته نظراً لبقائه فترة طويلة في الماء، ولكن تعطيه هذه الطريقة مرونة أكثر لعمليات التشكيل الدائرية والمنحنيات.

وتعتبر هذه الطريقة سريعة مقارنة مع طريقة الهواء الساخن.

ثالثا: طريقة ماكنيل للتجفيف *Maknel*:

تسمى هذه الطريقة بالطريقة المزدوجة، وذلك لانها تجمع بين الطريقتين السابقتين، طريقة الهواء الساخن وطريقة الماء المغلي.

(1) يتم تجهيز الأخشاب اللازمة لاجراء التجفيف عليها من النوع والمقاس المناسب كما في الطريقتين السابقتين.

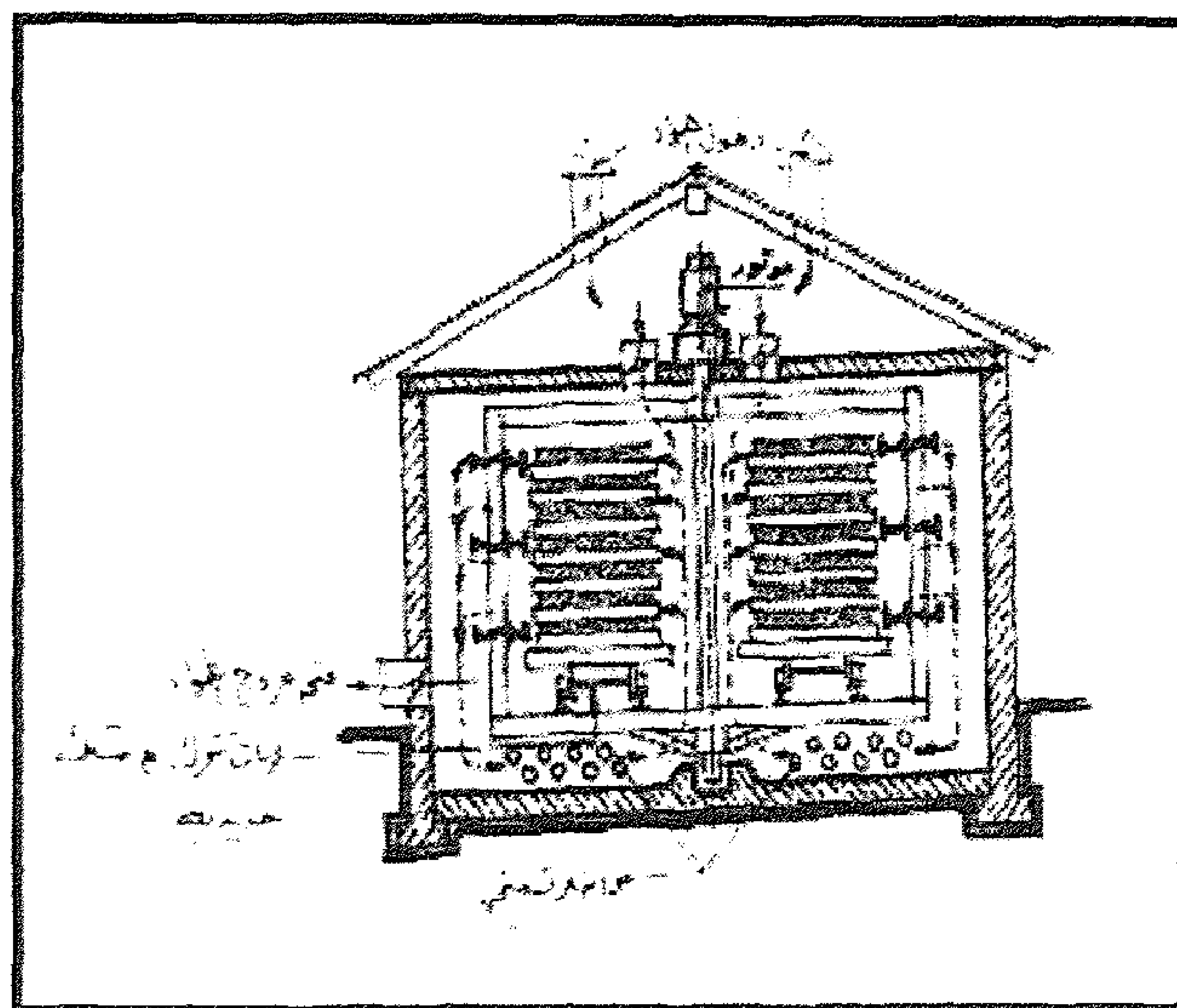
(2) توضع هذه الأخشاب فوق عربات خاصة كالسكك الحديدية وترص بشكل منظم مع ملاحظة وضع قطع من الأخشاب وتسمى (لقم) بين ألواح الأخشاب لعمل فراغ بين هذه الرصات بعضها البعض كي تسمح بمرور الهواء والغازات لجميع اجزائها ومسطحاتها.

(3) تدخل هذه العربات المحملة بالأخشاب إلى عنابر هائلة السعة تسمى الافران المتتالية (Progressive) مصنوعة من الطوب الحراري لعدم تسرب الحرارة، ومقاومة هذا البناء لتيارات الهواء الساخن، ويجب أن تكون رصات الخشب ارتفاعها ثلثي ارتفاع العنبر، ويترك الثلث الآخر لتيارات الهواء الساخن، وتدخل العربات للعنبر ويقفل الباب باحكام.

(4) يسلط تيار من الهواء الساخن إلى داخل العنبر بواسطة مواسير في الثلث العلوي من العنبر وبدرجات حرارة يمكن التحكم بها بواسطة (ثيرموميتر) موجود خارج العنبر ليتم تنظيم درجة الحرارة المطلوبة.

(5) مع ارتفاع درجة الحرارة تتصاعد ابخرة من الماء وذلك لوجود أحواض مائية مكشوفة في أرضية العنبر وتكون أسفل العربات المحملة بالأخشاب.

(6) يتخلل مسام الهواء الساخن المحمل بذرات الماء (البخار) فيقوم بطرد المواد الغذائية الراتنجية الموجودة بالأخشاب، وتتوقف فترة بقاء الأخشاب داخل العنابر حسب نوع وسمك الخشب المراد تجفيفه.



فرن التجفيف بالطريقة المزدوجة/طريقة ماكنيل

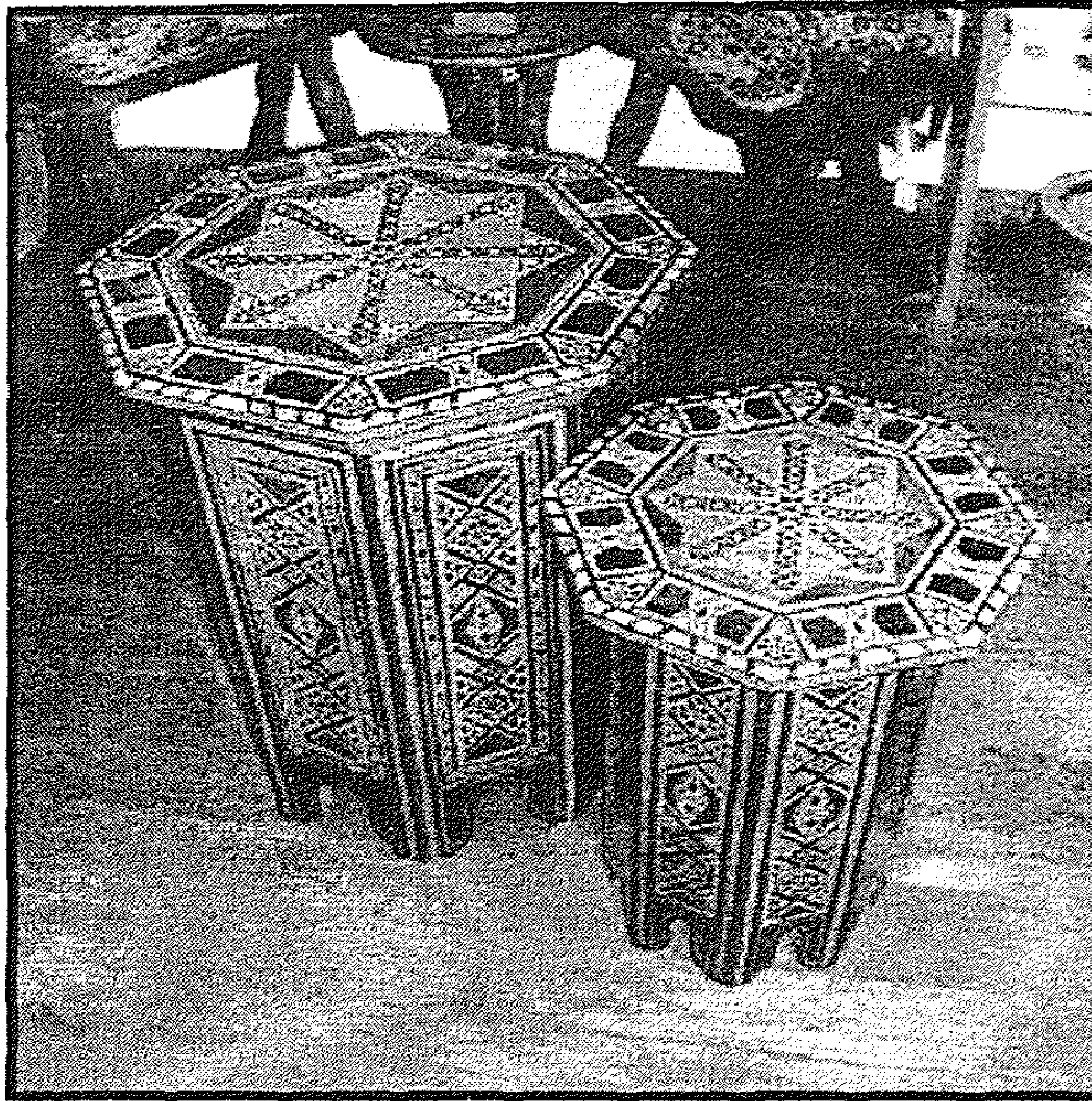
فالأخشاب البيضاء اللينة ذات السمك القليل تحتاج لفترة تتراوح بين (10 – 15 يوم) والقطع السميكة ما بين (20 – 30 يوم)، أما الأخشاب الصلبة مثل المهاجوني والابانوس تحتاج إلى فترة تصل إلى أكثر من ستة اسابيع داخل العنابر.

مميزات طريقة ماكنيل (Maknel):

تعتبر الطريقة المثلى في عمليات التجفيف الصناعي للاخشاب وهي تجمع بين الطريقة الاولى للهواء الساخن والثانية في الماء المغلي، وهذه الطريقة لا تسبب آية عيوب تلحق بالأخشاب فلا تمدد يكون هناك تمدد أو انكماش أو تشقق أو فتلان ولا تعفن، وقد عالجت هذه الطريقة عيوب الطرق السابقة مثل ليونة الخشب وتغير لونه في طريقة الماء المغلي وعالجت التصلب والتفحيم والاحتراق في طريقة الهواء الساخن.

أخشاب القشرة *Veneers Wood*:

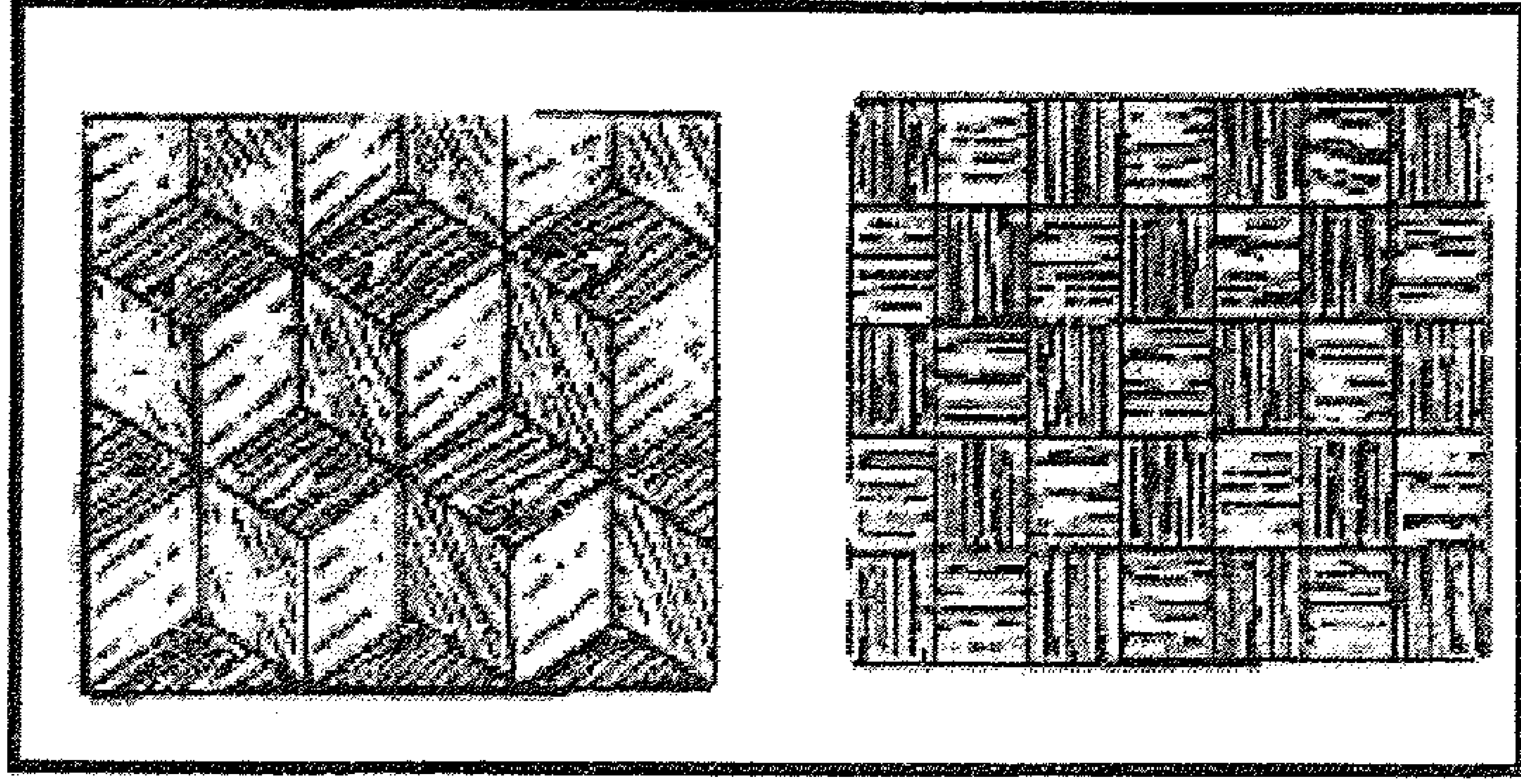
هي عبارة عن رقائق رفيعة من الأخشاب ذات السماكات المنتظمة، نحصل عليها من عملية تقشير أو تجزءة أو نشر جذوع الاشجار والكتل الخشبية، ويمكن تجهيز الرقائق الخشبية أو القشرة بعدة طرق مختلفة، حيث تستخدم القشرة في تغطية الاسطح الخشبية الاقل منها جودة واسطح الأخشاب الرفيعة عامة لتكسبها اسطحاً جميلة في اليافها وتشكيلها أو بتكوينات زخرفية مختلفة.



وتستعمل الرقائق الاكثر سمكاً والمأخوذة من أخشاب أقل جودة في عمليات تصنيع ألواح المعاكس وخشب اللاتيه، ويجب أن تكون هذه الرقائق مستوية تماماً ومنتظمة في تشكيلها أو قطعها وأن تكون خالية من العيوب.

طرق الحصول على رقائق القشرة:

هناك عدة طرق للحصول على هذه الرقائق وعليها يعتمد الشكل الناتج لرقائق القشرة الخشبية.

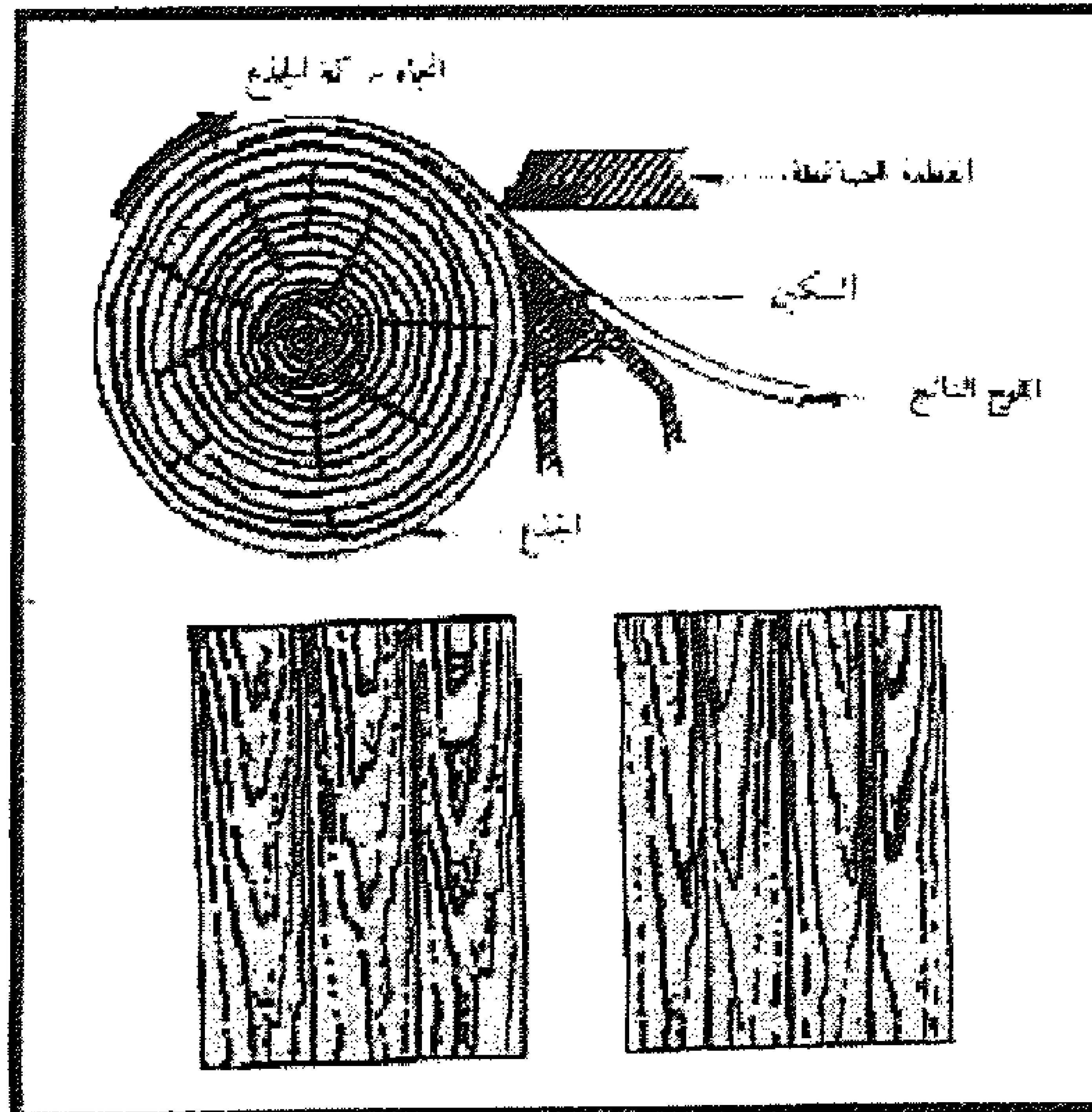


أولا: طريقة الخرط الدائري المحوري *Rotary Cut Veneer*:

تقشر جذوع الاشجار بعد ازالة اللحاء الخارجي بواسطة أسلحة حادة من مناشير خاصة، وتعطى وضعاً مماساً للالياف وتتلخص العملية في ادارة جذع الشجرة حول محور أمام سلاح حاد يمتد بطول الكتلة المقشورة، مع قيام جزء من ماكينة التقشير وهو (قضيب الضغط) وذلك بالضغط على الكتلة فوق طرف السكين وبإدارة جذع الشجرة حول محوره، وتبدأ القشرة في الظهور.

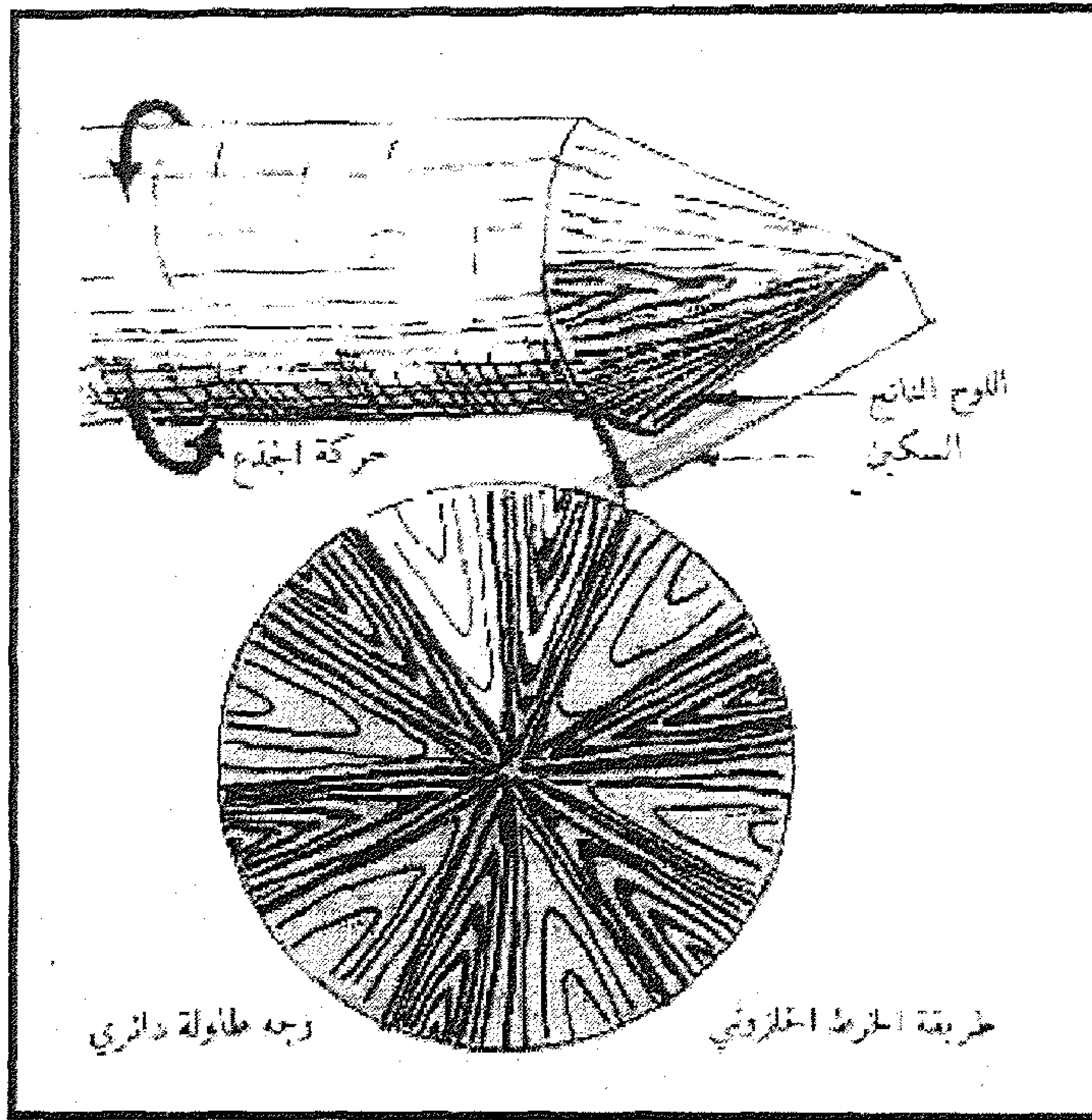
وبعض أنواع الخشب يجب تعرضها لعملية التبخير قبل القطع، فالحرارة العالية والرطوبة تغير من صفات الأخشاب الطبيعية وتجعله أكثر مرونة وتقلل من تعرضه للكسر والانهيار، ويجب أن تكون القشرة ذات سماكات منتظمة وموحدة وسطح ناعم خالي من العيوب والتشققات.

الشكل التالي يوضح طريقة الخرط الدائري المحوري:



ثانيا: طريقة استخراج القشرة بالخرط الحلزوني *Cone Cutting*:

وهو انتاج القشرة بطريقة تشبه (بري قلم الرصاص) فنحصل على قطع دائرية من القشرة عالية القيمة الجمالية تصلح للبانوهات وطاولات الموائد المستديرة، بعد الحصول على شريط القشرة، وتقطع إلى احجام محددة وتزال منها العيوب والعقد وتجفف هوائياً أو بالافران لازالة الرطوبة العالية الموجودة بها عند انتاجها، ومجففات القشرة عبارة عن غرف مزودة بمعدات التسخين واحزمة ناقلة لتحمل القشرة داخل المجفف أو عبارة عن غرف مزودة بعدة طبقات من الارفف يوضع على سطحها العلوي القشرة ثم تضغط كل الارفف على بعضها لمنع القشرة من الانبعاج نتيجة الانكماش خلال فترة التجفيف، والشكل التالي يوضح طريقة استخراج هذه القشرة:

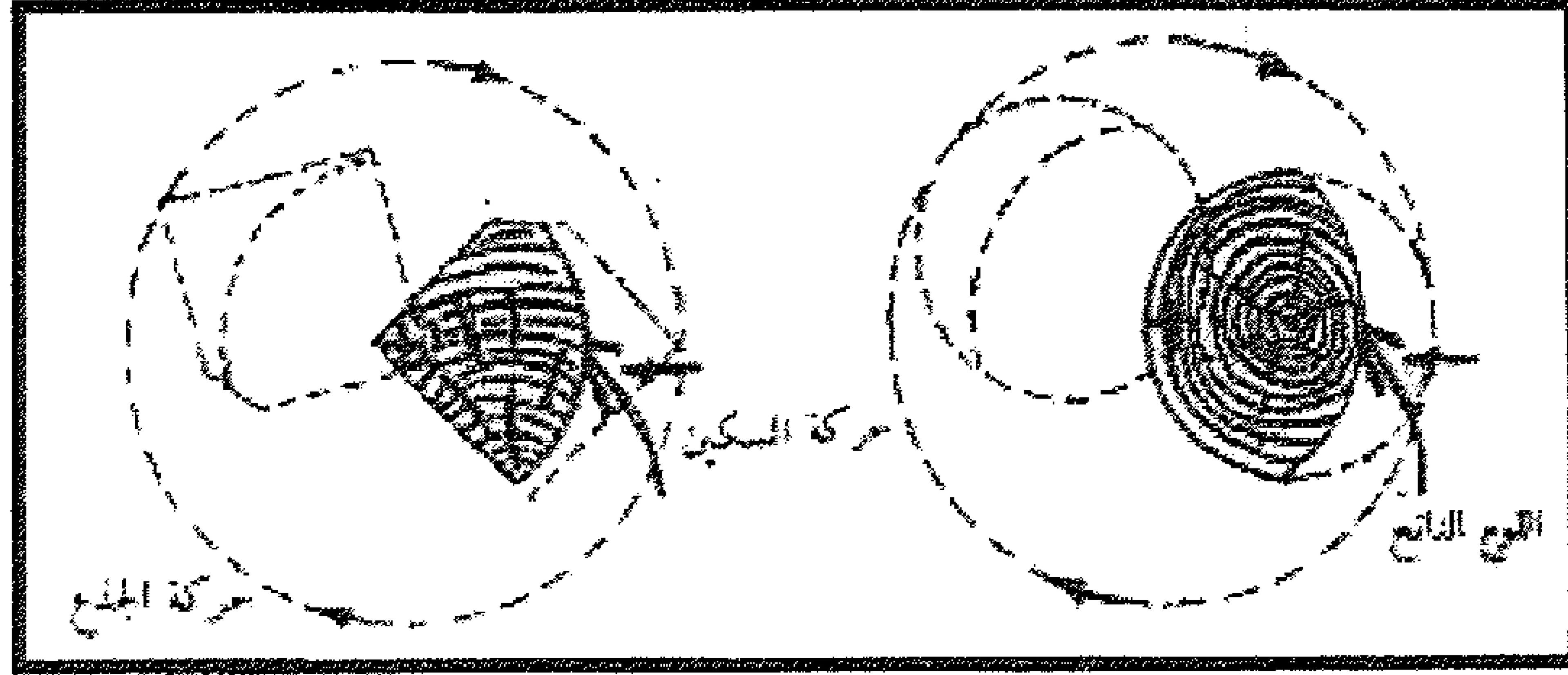


ثالثا: طريقة استخراج القشرة بالخرط اللامحوري *Non Rotary Cut*:

تتم هذه الطريقة عن طريق تقديم كتل الخشب الثابتة على محور متحرك غير ثابت (محورين في وضع تبادلي) فتكون القشرة فيما بعد بشكل

بيضاوي وذلك لاستخراج أنواع من القشرة ذات قيمة فنية عالية مثل القشرة في حالة الخرط الحلزوني.

والشكل التالي يوضح طريقة استخراج القشرة بالخرط اللامحوري:

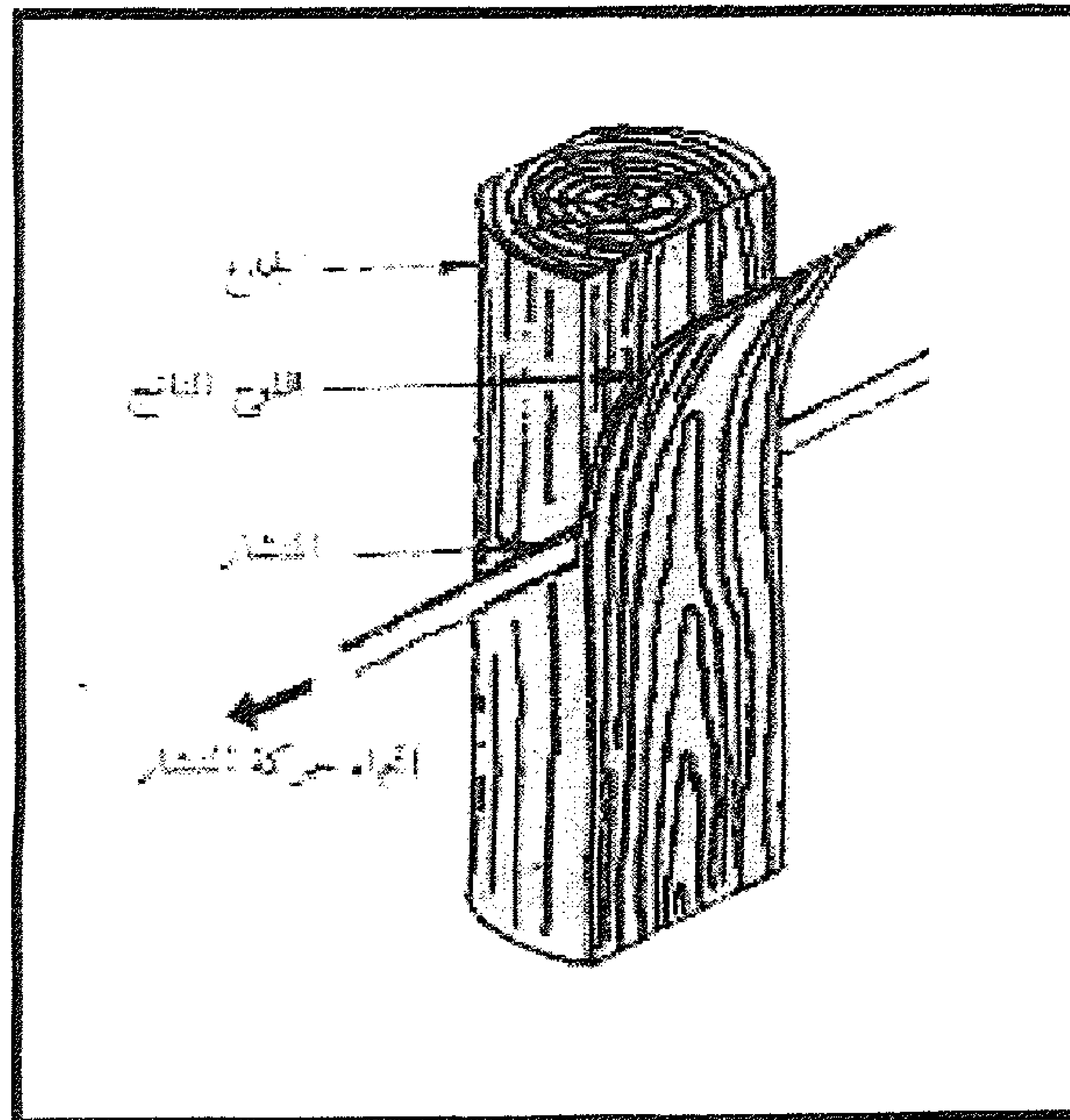


رابعا: طريقة استخراج القشرة بواسطة القشط *Veneer Scrubbing*:

وتتم هذه العملية بطريقتين:

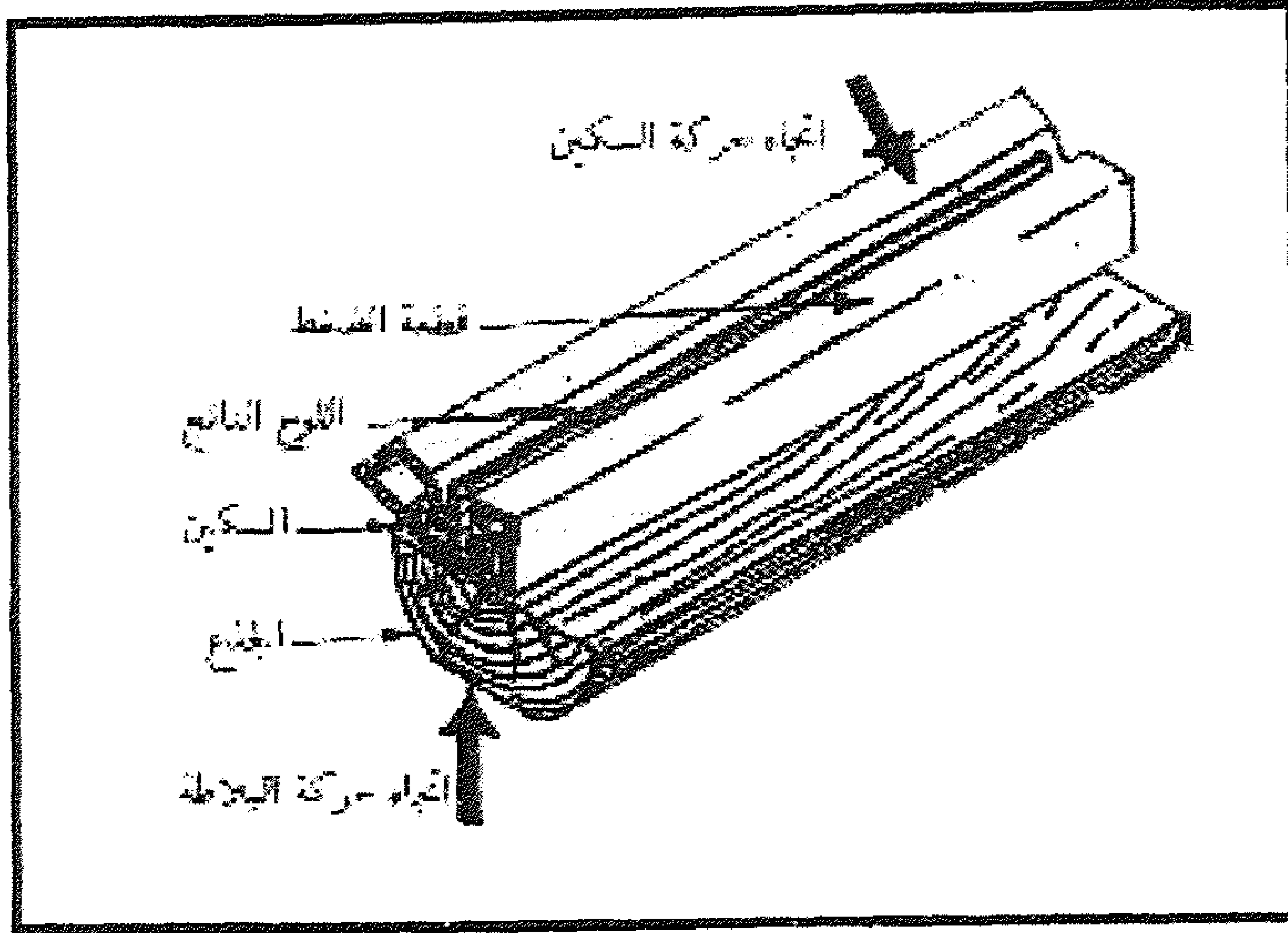
(1) التقطيع بسكين طويل مستقيم:

وهو عبارة عن تقديم الكتل الخشبية المربعة أو المستطيلة إلى سكين أو منشار دقيق لتشريحها إلى رقائق، ويكون ناتج هذه الطريقة قشرة لها سماكة مابين (1 . 0.5 ملم)، كما في الشكل التالي:



(2) التقطيع والقشط بسلاح مستقيم:

وهذه الطريقة تشبه القشط بالفارة تماماً، الا انها تتم العملية سواء بتحريك السلاح الحاد وتثبيت الكتلة أو دفع الكتلة أمام السلاح الثابت وتحويلها إلى ألواح رقيقة، والشكل التالي يوضح طريقة القشط بالسلاح الحاد:



وتعتبر الوسائل السابقة ما هي الا طرق للحصول على رقائق من الأخشاب سواء كانت من النوع الزهيد الثمن لعمل ألواح اللاتيه والمعاكس من خشب الصنوبريات والسويد والزان، أو من النوع الفني الصلب مثل البلوط والبلسندر والجوز والمهاجوني... لاستخدامها في أعمال التكسية والتصميمات الزخرفية اللازمة وذلك على اسطح المشغولات لاظهارها بالمظهر المطلوب.

الأخشاب المصنعة:

يتم تصنيع عدة نوعيات مختلفة من الألواح المستخدمة فيها أخشاب طبيعية مثل الياف وقشرة الأخشاب اللينة وشرائح الأخشاب اللينة والمتوسطة الصلابة، وذلك للحصول على ألواح بقياسات وسماكات مختلفة تتناسب مع طبيعة الاستخدام وتكون متوفرة بكميات واسعار مناسبة، حيث تتوفر فيها مميزات الأخشاب الطبيعية من حيث الملمس والوزن والشكل.

أولا: ألواح خشب اللاتيه/الكونتر:

يتكون هذا الخشب من ثلاثة طبقات، الطبقة الوسطى وهي طبقة الحشو وهي عبارة عن مجموعة من شرائح من الأخشاب الرخيصة كالخشب الابيض وتتراوح سماكاتها (12. 25ملم) وطولها لا يزيد عن المتر أما الطبقتان الخارجيتان فتكونان من القشرة أو الخشب المعاكس، وتعتبر ألواح خشب اللاتيه من أفضل الخامات المستخدمة في أعمال الاثاث وذلك لسطحه المستوي الجيد ولسماكته المناسبة، وهو من أجود الارضيات للصق القشرة والفورمايكا عليها.

طريقة صناعة اللاتيه/الكونتر:

(1) بعد عملية قص الاشجار وتقسيمها إلى ألواح وتجفيفها في أفران التجفيف وتكون جاهزة للتشكيل.

(2) يتم مسح هذه الألواح من الوجهين ثم تقص إلى شرائح بسماكة لوح اللاتيه المطلوب مع مراعاة خصم سماكة القشرة من الوجهين.

(3) تجمع هذه الشرائح مع بعضها البعض حيث تكون أطوال كل شريحتين متجاورتين مختلفة أي (لا تكون الوصلات في قطعة واحدة ولا تلتقي نهاية هذه الشرائح بمعنى التشريك).

(4) تغطى هذه الشرائح الناتجة بطبقتين من القشرة أو خشب المعاكس المشبع بالغراء.

(5) تكبس هذه الألواح مع بعضها البعض بواسطة مكابس هيدروليكية وتحت ضغط مرتفع.

(6) تنقل الألواح بعد كبسها لتهويتها ومعجنتها (معجنة العيوب) ويتم بردخة الوجهين للحصول على سطح ناعم مستقيم.

(7) يتم ضبط مقاسات الطول والعرض على ماكينات خاصة لجميع الألواح التي تم انتاجها ليكون قياسه محدود ومتعارف عليه عالمياً وهو (122سم × 244سم).

مميزات خشب ألواح اللاتيه:

(1) إمكانية تصنيعه بمقاسات كبيرة.

(2) قلة تعرضه للانكماش والتقوس والفتلان لطبيعة تكوينه.

(3) سهولة تلبيسه بالقشرة واللدائن المختلفة.

(4) لا يقبل الالتواء والفتلان.

(5) لا يتأثر بالعوامل الجوية اذا كان جيد الصنع.

(6) يعيش فترات طويلة اذا حوفظ عليه.

(7) من أصلح المسطحات للدهانات المختلفة.

(8) يمكن تشكيله وعمل منحنيات فيه.

(9) رخص ثمنه اذا ما قورن بالأخشاب الاخرى.

استعمالات اللاتيه: يستعمل في منجور العمارة، كالابواب وتلبيس الجدران وصناعة الخزائن والسرائر وكافة أعمال الديكور والطاولات والرفوف..الخ

مقاسات ألواح خشب اللاتيه/ الكونتر:

تكون السماكة (16 – 18 – 20 – 22 – 25 ملم).

ويكون العرض والطول (175سم × 122 سم) (180سم × 360سم)

(122سم × 244 سم) (150سم × 150سم)

(122سم × 220 سم)

ثانيا: ألواح خشب المعاكس (الفنير، التربلاي، الابلكاج):

يوجد لهذا الخشب عدة تسميات مختلفة منها المعاكس أو الفنير أو التربلاي أو الابلكاج، ويعتبر هذا الخشب من أكثر الأخشاب المصنعة استعمالاً، حيث ظهر هذا النوع من الأخشاب نتيجة حاجة الانسان إلى مسطحات قوية وكبيرة لا تقبل التشقق والانكماش ودون اجراء عمليات اللحام والمسح والتسوية التي تحتاج لجهد كبير، وهي ذات سطح املس مصقول يعطي التأثيرات المطلوبة، ويستخدم كل منه في مجال معين حسب الحاجة والغرض المطلوب.

صناعة خشب المعاكس:

يتكون هذا الخشب من مجموعة طبقات من القشرة الخشبية المأخوذة من بعض الأخشاب الصلبة أو متوسطة الصلابة وملصوقة مع بعضها البعض باتجاهات متعاكسة الالياف (لذلك سميت الخشب المعاكس) ومكبوسة تحت ضغط مرتفع ودرجة حرارة عالية، بحيث يكون عدد طبقات هذا الخشب فردي وألياف متعاكسة، وتتميز هذه الألواح بالقوة والمتانة وخلوها من الالتواء، ويستعمل خشب المعاكس في عمليات التجليد لقطع الاثاث كالابواب وعمل ظهور وخلفيات الخزائن وفي تلبيس وتكسية الجدران.

والابلكاج أو المعاكس متعدد الانواع منه ابلكاج الحور الذي يفضله الكثير لتشربه مادة الغراء بشكل مناسب أكثر من ابلكاج الزان، ويمكن تلبيسه بالقشرة الخشبية أو عمل الدهانات المناسبة عليه.

مميزات خشب المعاكس:

- خلوه من الوصلات والتعاشيق.
- قلة وزنه ورخص ثمنه.
- تنوع امكانية استعماله.
- لا ينكمش ولا يتشقق ويتحمل الرطوبة.
- يمكن الحصول على مقاسات كبيرة منه.
- يعتبر خشب قابل للتشكيل مثل عمل الاقواس والمنحنيات.

مقاسات خشب المعاكس:

السماكات (3 ملم– 25 ملم)

الطول والعرض (160سم × 160سم) (100سم × 100سم)

(122سم × 122سم) (122سم × 244سم)

(200سم × 220سم) (90 سم × 120سم)

ثالثا: ألواح المازونيت

المازونيت يشبه في صناعته صناعة خشب المعاكس، أي هو عبارة عن طبقات من القشرة بشكل فردي متعاكسة الا ان أحد أسطح المازونيت مصقولة ويمكن أن تكون مشكلة بتصميمات مرسومة هندسية أو زخرفية وبألوان متعددة، ويوجد نوع آخر وهو يكون مصنوع من عجينة الورق المقوى أي بقايا الأخشاب وأحد سطحيه مصقول ومشكل ايضاً بأشكال هندسية وزخرفية ملونة.

ويستخدم المازونيت في أعمال الديكورات الداخلية وأعمال تجليد الحوائط وأحياناً يستعمل في تركيب ظهور وخلفيات قطع الاثاث.

مقاسات المازونيت:

يتوفر المازونيت بسمك (3 – 4 – 5 ملم).

الطول والعرض (122سم × 244سم)

مميزات ألواح المازونيت:

- ✓ خلوه من الوصلات والتعاشيق.
- ✓ قلة وزنه ورخص ثمنه.
- ✓ تنوع امكانية استعماله وألوانه متعددة.
- ✓ لا ينكمش ولا يتشقق ويتحمل الرطوبة.
- ✓ يمكن الحصول على مقاسات كبيرة منه.
- ✓ يعتبر خشب قابل للتشكيل مثل عمل الاقواس والمنحنيات.

رابعا: ألواح الخشب المضغوط/الإوكال:

ويسمى هذا الخشب ايضاً الخشب الحبيبي، جاء انتاج الخشب المضغوط بعد أن قطعت صناعة الأخشاب شوطاً طويلاً، وكانت اهم الدوافع لصناعته هو الدافع الاقتصادي والتخلص من فضلات قص وتقطيع الاشجار والأخشاب أو بقايا مخلفات الزراعة مثل قصب السكر وسيقان الكتان، ويتكون إما من طبقة واحدة تكون متجانسة التركيب، أو من ثلاث طبقات، طبقتان على الوجهين والطبقة أقل

نعومة من الوسط وتكون الطبقة الوسطى أكبر سماكة، ويمكن صناعته بخمس طبقات تكون فيها الطبقات الظاهرة ناعمة أكثر من الوسطى.

تدوير الأخشاب لإنتاج ألواح من الخشب المضغوط.

يمتاز المنتج بخفة وزنة بالمقارنة بمثيله المصنع من خامات أولية أخرى مما يعطى مجالا أفضل في عملية التسويق.

لا يتولد عن هذا المشروع أي مخلفات صناعية يمكن أن يكون لها أثرا على البيئة حيث أن المخلفات الناتجة من عملية القطع أو التهذيب لألواح الخشب المضغوط للوصول إلى الأبعاد المطلوب إنتاجها يمكن إعادة فرمها وتصنيعها.

تعتمد هذه الصناعة على عدد من المواد الخام المتوفرة في السوق المحلي والمنتجة محليا مما يعطي لها صفة الصناعة المحلية الكاملة والتي لا تعتمد علي أي عنصر مستورد

خامة مشروع تصنيع الخشب المضغوط:

فضلات اخشاب البناء وحطب الاشجار مادة رابطة حرارية من – اليوريا فورمالدهيد 62٪.

يهدف المشروع إلى إنتاج ألواح خشب طبيعي مضغوط بسماكات نمطية 16مم 18مم 22 مم وبمقاسات قياسية 1220×2440 مم بالإضافة إلى المقاسات الأخرى التي يتطلبها السوق أو بناءًا على طلب العميل مع ملاحظة أن المشروع يمكن أن ينتج أي مقاسات بحد أقصى 1250مم ×2500مم، ويجدر الملاحظة إلى أن الألواح مقاس 1220×2440مم×16مم يتطلب ألواحد منها حوالي 20كجم خشب حطب مطحون بالإضافة إلى كمية من المواد الرابطة يتراوح وزنها مابين 7كجم إلى 8كجم.

طريقة صناعة ألواح الخشب المضغوط/الأوكال:

(1) تنقل الخامات المراد استعمالها إلى المصانع.

(2) يتم تنظيفها من الشوائب وطحنها إلى أجزاء صغيرة، ثم يتم فصل الجزيئات الناعمة عن الجزيئات الخشنة.

(3) تجفف هذه الجزيئات في افران خاصة وتخلط بمواد لاصقة.

(4) تضغط هذه المواد داخل قوالب تحت مكابس هيدروليكية وبضغط مرتفع، لذلك سميت الخشب المضغوط.

(5) تقص هذه الألواح وتمعجن وتبردخ لتكون جاهزة للاستعمال

(6) يوجد من ألواح الخشب المضغوط عدة نوعيات منها:

- المضغوط الليفي – Fiber Board.
- المضغوط المائي – Proofing Board.
- المضغوط الراتنجي – Particle Board.

مميزات الخشب المضغوط/الأوكال:

(1) قلة تكاليفه لأنه مصنع من بقايا الأخشاب والنباتات.

(2) تجانس تركيبه وقوة تحمله.

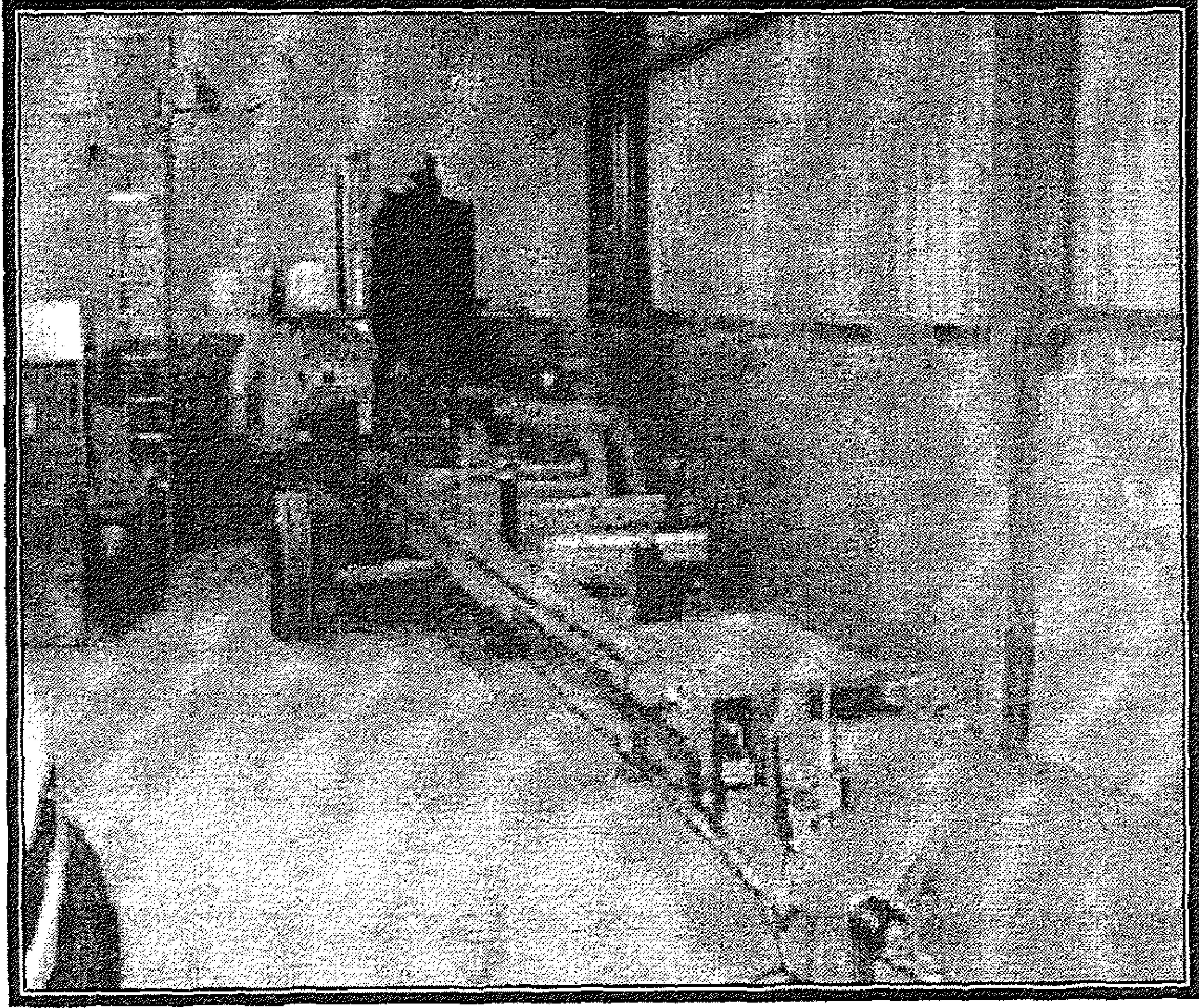
(3) خلوه من العقد والالياف.

(4) صلاحية تلبيسه بالقشرة واللدائن البلاستيكية.

(5) يستعمل في بعض قطع الاثاث.

(6) تقبله لكثير من الدهانات المختلفة.

(7) قدرتة على العزل وخاصة العزل الصوتي.



ماكينة تقطيع الأخشاب

عيوب ألواح الخشب المضغوط / الاوكال:

(1) سريع التأثر بالرطوبة والماء.

(2) لا يتحمل الاوزان الكبيرة، لذلك لايستعمل في الكثير من قطع الاثاث التي يوقع عليها ضغط وتقتصر استخداماته في الاجزاء الخارجية الشكلية وبعض قطع الاثاث التجاري لرخص ثمنه.

أستعمالات ألواح الخشب المضغوط/الاوكال:

(1) صناعة الموبيليا وأشغال النجارة الخفيفة والتجارية.

(2) صناعة بعض أثاث المعامل والمستشفيات والمنازل.

(3) صناعة الشاليهات والغرف المؤقتة الجاهزة.

(4) صناعة بعض الابواب والشبابيك.

(5) تركيب القواطع الداخلية والحوائط.

(6) يستخدم في تجليد الاسقف والحوائط.

(7) تركيب ارضيات العنابر والسدد.

(8) يستخدم لاعمال عزل الصوت في الاستديوهات.

(9) صناعة صناديق الاجهزة الكهربائية والموبيليا.



مقاسات ألواح الخشب المضغوط/الاوكال

يتوفر بسماكات مختلفة (8 – 10 – 12 – 16 – 19– 25 ملم).

العرض والطول (122سم × 244سم) (180سم × 360سم).

خامسا: ألواح خشب السيلوتكس *Silotex*:

ظهرت ألواح السيلوتكس منذ فترة وجيزة من الزمن مقارنة مع ألواح الأخشاب الاخرى، وذلك لتخفيف الضغط المتواصل على طلب الابلكاج/ المعاكس، هذا إلى جانب ان صناعة السيلوتكس لاتحتاج إلى خامة الخشب الطبيعية بالكميات الهائلة وتقتصر صناعتها على استخدام عجينة الورق والكرتون من مخلفات الأخشاب تضاف اليها المواد اللاصقة والمواد الكيماوية اللازمة لحفظها، ويوجد السيلوتكس بحالتين بالنسبة لسطحه، فمنه نوعاً خشناً من وجه وناعماً من الآخر، ونوعاً خشناً من الوجهين ولكل منهما استخدام خاص.

استخدامات السيلوتكس:

يعتبر السيلوتكس من أصلح الارضيات للدهانات الزيتية والبلاستيكية، وكذلك دهان الورنيش ويستخدم في عمل لافتات المحلات وظاقواس النصر وفي تغطية ظهور بعض المشغولات وفي تكسية الاسقف والجدران العازلة للحرارة والصوت، ويمكن استخدامة في حشوات الابواب.

ويوجد السيلوتكس بمقاسات مختلفة حيث أنه يتميز باتساع مسطحاته ليصل طول اللوح إلى (3 متر) وعرض (122 سم) والسماكة (3 – 4 – 5 – 6ملم).

صناعة ألواح السيلوتكس:

(1) تجهز الفضلات الناتجة من الأخشاب والورق والنباتات، ويتم تنظيفها وغسلها من الشوائب.

(2) تقدم هذه الفضلات إلى خلاطات ليتم عجنها.

(3) تقدم العجائن وبالكميات اللازمة مع إضافة المواد اللاصقة والمواد الكيميائية الحافظة على هذه العجائن.

(4) يتم وضع هذه الخلطة (العجينة) تحت المكابس الهيدروليكية خاصة بكبس هذه العجائن في قوالب حسب السماكة المطلوبة.

(5) تخرج هذه الألواح من المكبس وتقدم إلى ماكينة خاصة تقوم بتحديد مقاسات الطول والعرض وتكون جاهزة للاستعمال.

والسيلوتكس يتميز باستواء سطحه اذا ضغط جيداً، ويعتبر الغراء العادي أو السنتيتيك هو الوسيط في عمليات لصق السيلوتكس على المسطحات أو تثبيته داخل الحشوات.

مميزات ألواح السيلوتكس:

(1) لا يقبل التمدد والانكماش.

(2) يتميز بنعومة سطحه المعد للدهانات لانه غير مسامي ومتجانس اللون.

(3) يستخدم بكثرة في أعمال الديكورات لانه يعتبر عازل للحرارة والصوت.

(4) لا يتأثر بالاحماض والقلويات ويمكن غسل سطحه بالماء.

(5) لا يتأثر بالمواد الرطبة نظراً لوجود مواد كيماوية فيه.

(6) المصقول منه غير قابل للخدش.

(7) يوجد بأطوال كبيرة ورخيص الثمن.

(8) يصنع منه بعض القواطع والبارافانات المؤقتة.

عيوب ألواح السيلوتكس:

(1) سهل الكسر إذا تعرض لثقل كبير.

(2) لا يمكن استخدامه في صناعة الاثاث.

(3) لا يصلح كأرضية للصق القشرة والفورمايكا وخاصة النوع الناعم.

سادسا: ألواح الخشب المتوسط الكثافة/ *MDF*:

Medium Density Boards

وتسمى ألواح الخشب المتوسط الكثافة نسبة إلى كثافة الالياف في اللوح، وتستعمل في صناعة الاثاث البسيط وأعمال المنجور وخاصة القطع التي تستخدم للحفر والزخرفة وكثير من النجارين يفضلون هذا النوع للحفر لسهولة الحفر علية ولعدم وجود العقد والالياف فيه، قابل للمعجون والدهان بشكل جيد ومساماته ناعمة دقيقة غير مرئية، ويستخدم ايضاً في اعمال العزل الصوتي وتصفيح الجدران والاسقف، يوجد منه ألواح مغطاة بالقشرة الطبيعية المأخوذة

من الانواع الطبيعية مثل البلوط والزان والمهاجوني.

قياسات ألواح ألـMDF:

السماكة (5 ملم حتى 35 ملم).

الطول (244 سم – 366 سم)، العرض (122 سم– 183 سم).

سابعا: ألواح اللدائن/البلاستيك المقوى (الفورمايكا):

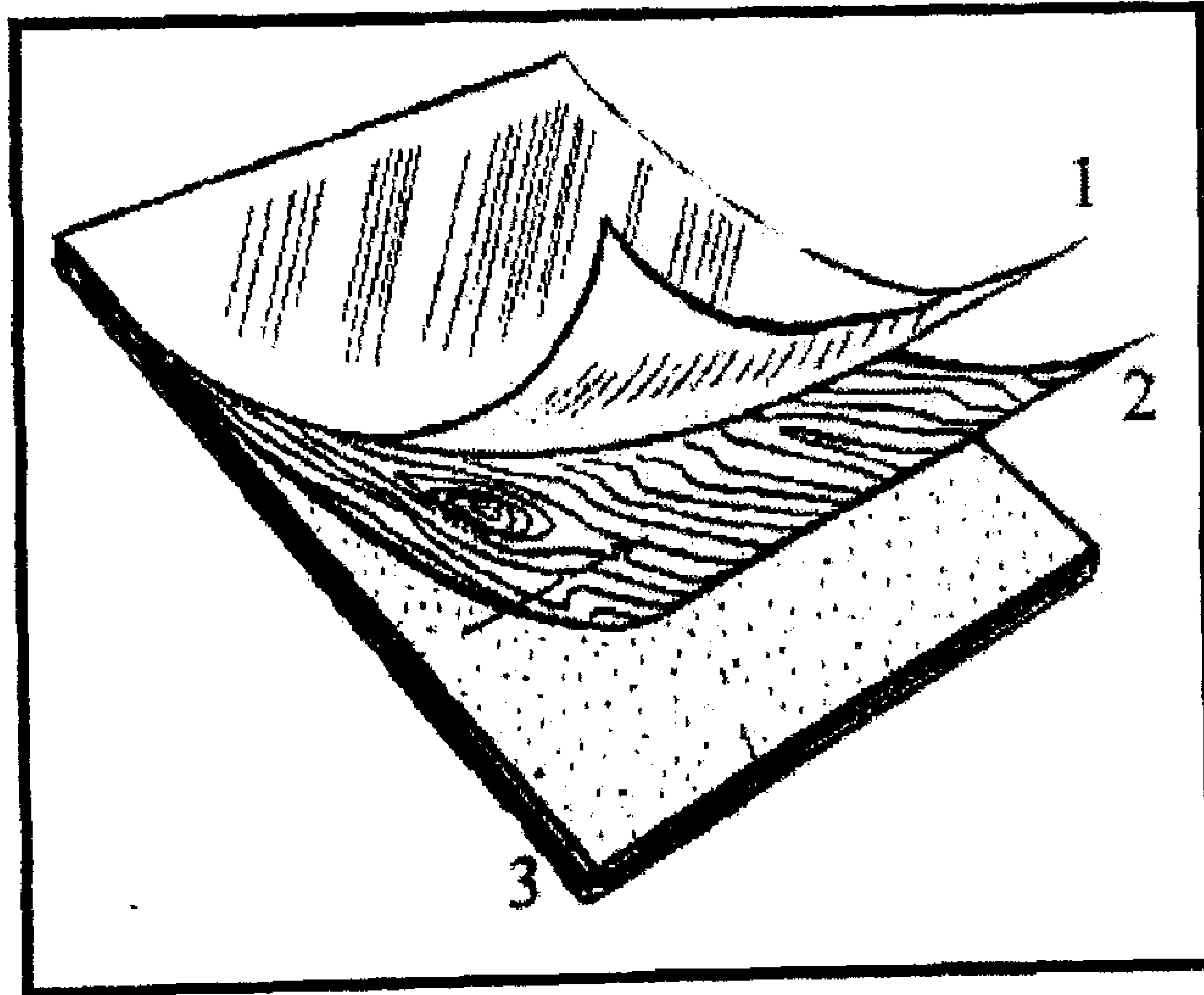
وتسمى رقائق الضغط العالي وهي احدى منتجات اللدائن البلاستيكية التي شاع استعمالها في تلبيس المشغولات الخشبية وأعمال الديكور نظراً لميزاتها الجيدة، وتصنع هذه الألواح من تشبع طبقات من الورق الخاص (ورق الكرافت) بإحدى الراتنجات الصناعية مثل (راتنج فينول) المتجمد بالحرارة وكبسها في مكابس عالية الضغط مع استعمال الحرارة المرتفعة.

وتتكون ألواح الفورمايكا من الطبقات التالية:

(1) الطبقة الاولى: ورق شفاف من (سولفيد سيليلوز) وهي مشبعة بمادة (الميلامين فورمالداهيد).

(2) ورق مزخرف: بألوان مختلفة وعديدة وحسب التصميم المطلوب، وتكون مشبعة بمادة الميلامين فورمالداهيد.

(3) الطبقة الثالثة: وهي من الطبقات التي تسمى الحشو وهي عبارة عن (8 – 15 طبقة) حسب سماكة ورق الكرافت ومشبعة بمادة الفينول فورمالداهيد.



الشكل يوضح طبقات الفورمايكا

1. ورق شفاف سولفيد سيليلوز. 2. ورق مزخرف. 3. طبقات من ورق الكيرافت.

تصنيع ألواح الفورمايكا:

(1) يتم ضغط ألواح الطبقات الثلاثة، بعد وضعهما بين لوحين مصقولين من المعدن (تحت مكابس عالية الضغط والحرارة هيدروليكية) لفترة زمنية تتراوح مابين (60 – 90 دقيقة) للتسخين بدرجة حرارة تصل إلى (180مْ) وكذلك يتم التبريد التدريجي خلال نفس الفترة الزمنية

(2) تقدم الألواح لماكينات القص لحصر الاقيسة بالطول والعرض المطلوب.

(3) يجري تخشين ظهر الألواح بواسطة ماكينات خاصة لزيادة قوة التماسك عند لصقها على الاسطح الخشبية، وبعض المصانع تستخدم مكابس أحد فكيها مصقول والآخر خشن ليتم تخشين الألواح خلال الكبس وليس بعده.

أقيسة ألواح الفورمايكا:

سماكة الألواح تكون (0,5 – 0,8 – 1,3 – 1,5 – 2,5ملم).

الطول والعرض(100 × 200سم) (130 × 350سم)

(130 × 280سم) (122 × 244سم)

مميزات ألواح الفورمايكا:

(1) تمتاز بلمعان سطحها وجودة صقلها.

(2) تعدد الالوان، فمنها السادة ومنها المقلم لجميع انواع الأخشاب ومنها المزخرف والمطبوع بالرسومات.

(3) لا تحتاج لعمليات الدهان.

(4) سهلة التنظيف بالماء والصابون.

(5) لا تتأثر بالاحماض والقلويات لذا تستخدم في معامل الاطباء.

(6) تتميز بعضها بعدم المسامية ولا تعيش عليها الفطريات.

(7) ردئية التوصيل للحرارة والكهرباء وكاتمة للصوت.

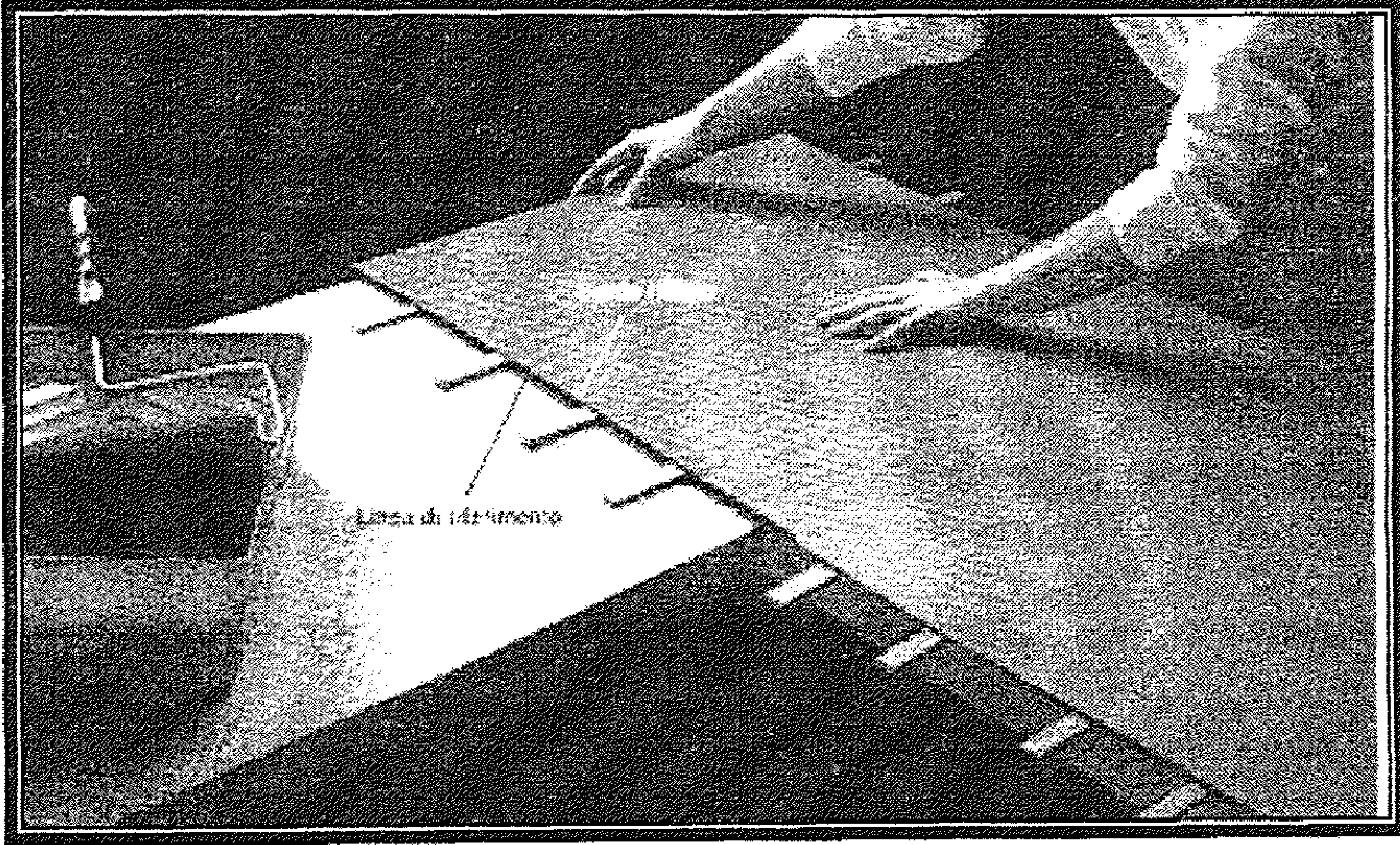
(8) قابلة للثني والتشكيل وخاصة السماكات القليلة.

(9) سهلة القطع بواسطة الساحقة أو الازميل الخاص بالنجارة.

(10) لا تتأثر بالعوامل الجوية لانها غير قابلة للتمدد والتقلص.

طريقة لصق الفورمايكا:

تلصق هذه الألواح على الأخشاب الطبيعية والمصنعة، ولكن الاخيرة تعتبر من أفضل الارضيات للصق، ويستعمل غراء (السنتاتيك) الابيض وغراء الكازين في لصقها على الاسطح كما يمكن استعمال مواد اللصق السريعة الجفاف مثل (الآجو).



أولا: باستعمال غراء السنتاتيك أو الكازين:

تتم عملية اللصق حسب الخطوات التالية:

(1) تتم تسوية السطح المراد لصقه، ثم يسنن جيداً بفارة المشط كما في تلبيس القشرة الخشبية.

(2) تقص قطعة البلاستيك المقوى/الفورمايكا بإحدى الوسائل السابقة، وبالقياس المطلوب مع ترك (2.1 سم) زيادة من كل الاطراف.

(3) يحضر الغراء المناسب ويفرش على السطح بدرجة واحدة وبواسطة الفرشاة أو قطعة بلاستيكية أو معدنية مسننة.

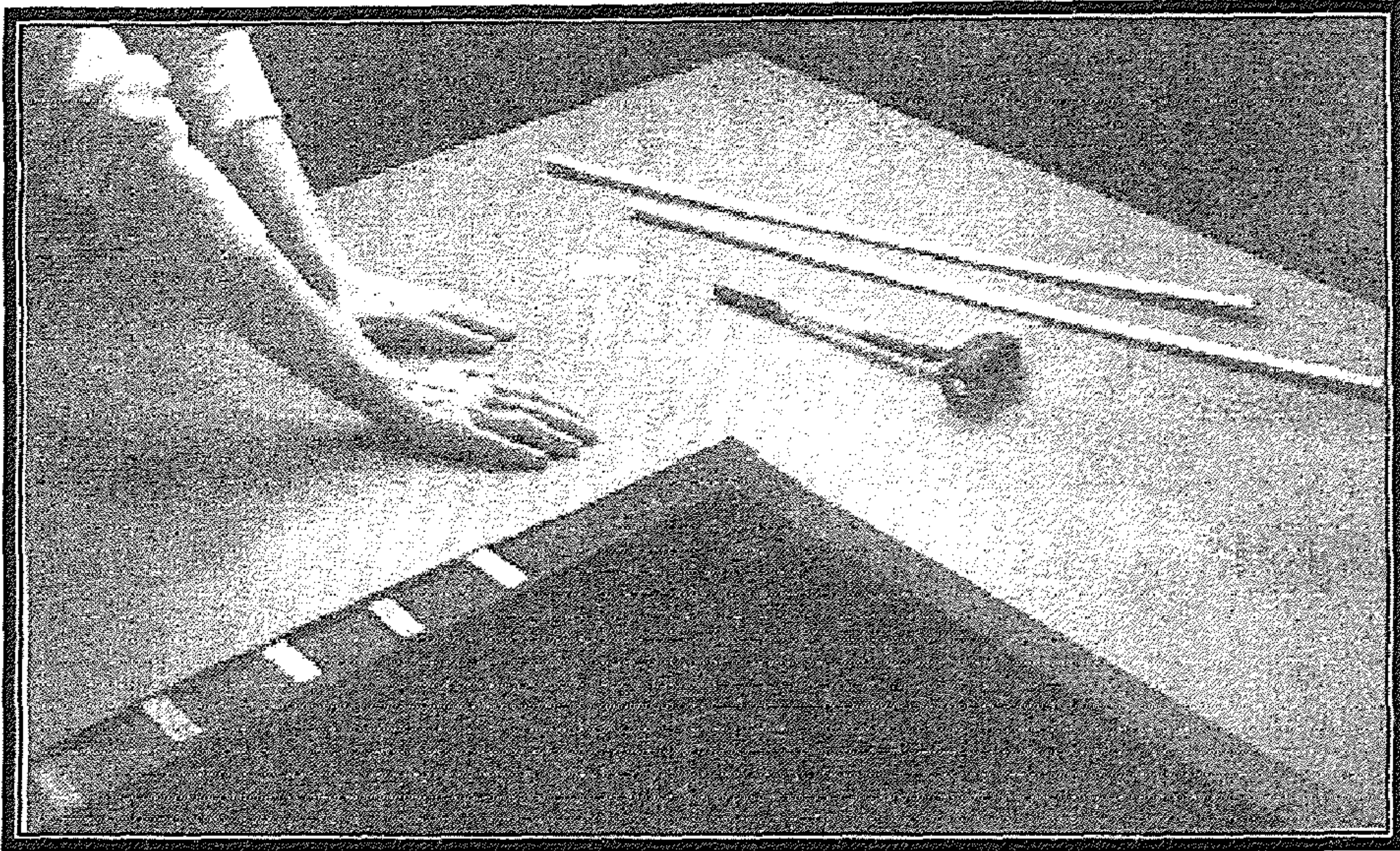
(4) توضع قطعة الفورمايكا فوق السطح وتثبت بأشرطة لاصقة ورقية لمنع الانزلاق أثناء الضغط عليها.

(5) يوضع السطح وقطعة الفورمايكا بين فكي مكبس مع وضع طبقة من الورق لمنع التصاق السطح بأحد فكي المكبس عند خروج الغراء الزائد نتيجة الضغط ويكون هذا الضغط بواقع 3 كغم/م^2.

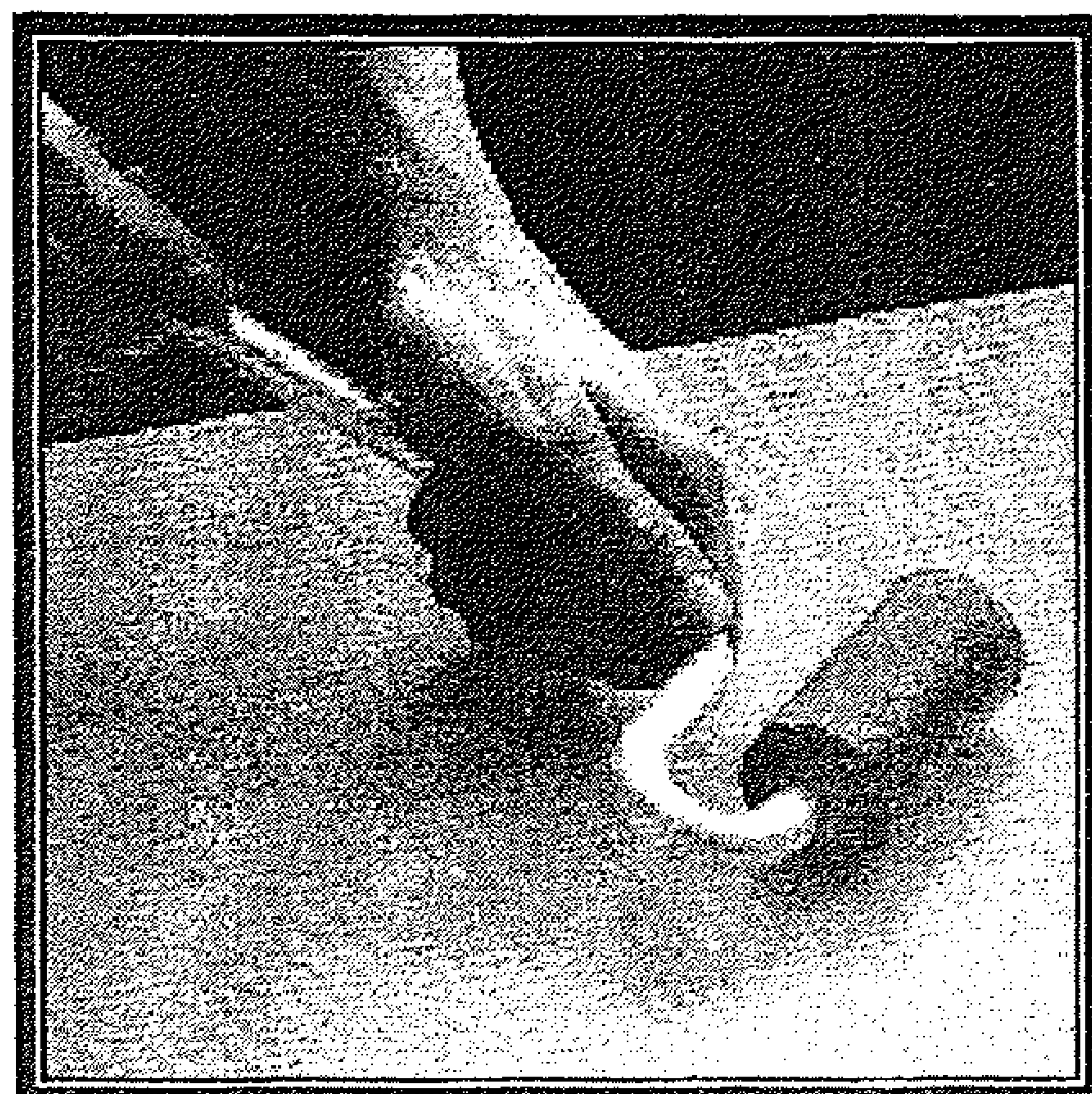
(6) عند لصق عدد من الاسطح بقطع من الفورمايكا تتم العملية بنفس الخطوات السابقة ويوضع طبقة من الورق بين كل سطح والذي يليه لمنع الالتصاق.

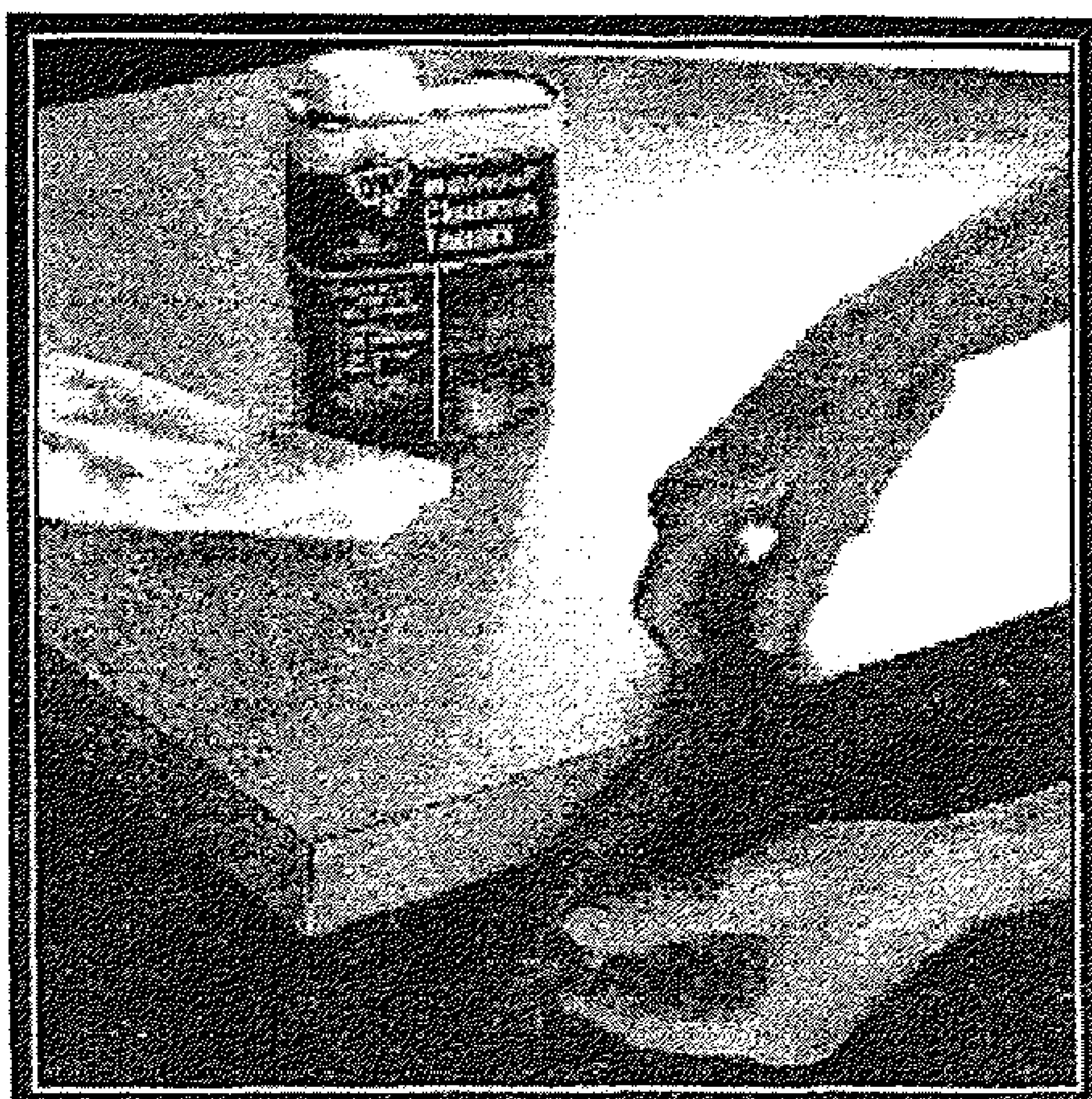
(7) يترك السطح مدة تعتمد على درجة حرارة الجو، صيفاً أو شتاءاً حتى يتم جفاف الغراء ويفضل استعمال المكابس التي بها حرارة للاسراع في جفاف الغراء.

(8) يمكن ربط السطح وقطع البلاستيك المقوى بين قطعتين مستويتين من الخشب مع استعمال المرابط العادية للضغط.



طريقة تركيب الفورمايكا، تستخدم المساطر للتركيب التدريجي، وتستخدم الرولة لتثبيت الالتصاق، ثم يستخدم المبرد الناعم لتنظيف الحواف.





طريقة لصق الفورمايكا باستعمال الغراء السريع الجفاف/الآجو:

(1) يحضر السطح بعد اجراء ما يلزمه من تسوية وتسنين.

(2) تقص قطعة الفورمايكا مع ترك الزيادة من جميع الجهات حوالي 2سم

(3) يفرش الآجو على القطعة المراد تلبيسها وعلى قطعة الفورمايكا ايضاً بواسطة المشحاف المسنن.

(4) يترك السطح وقطعة الفورمايكا مدة كافية حسب تعليمات الشركة الصانعة لمادة الآجو وهي مابين (10 – 20 دقيقة) تقريباً.

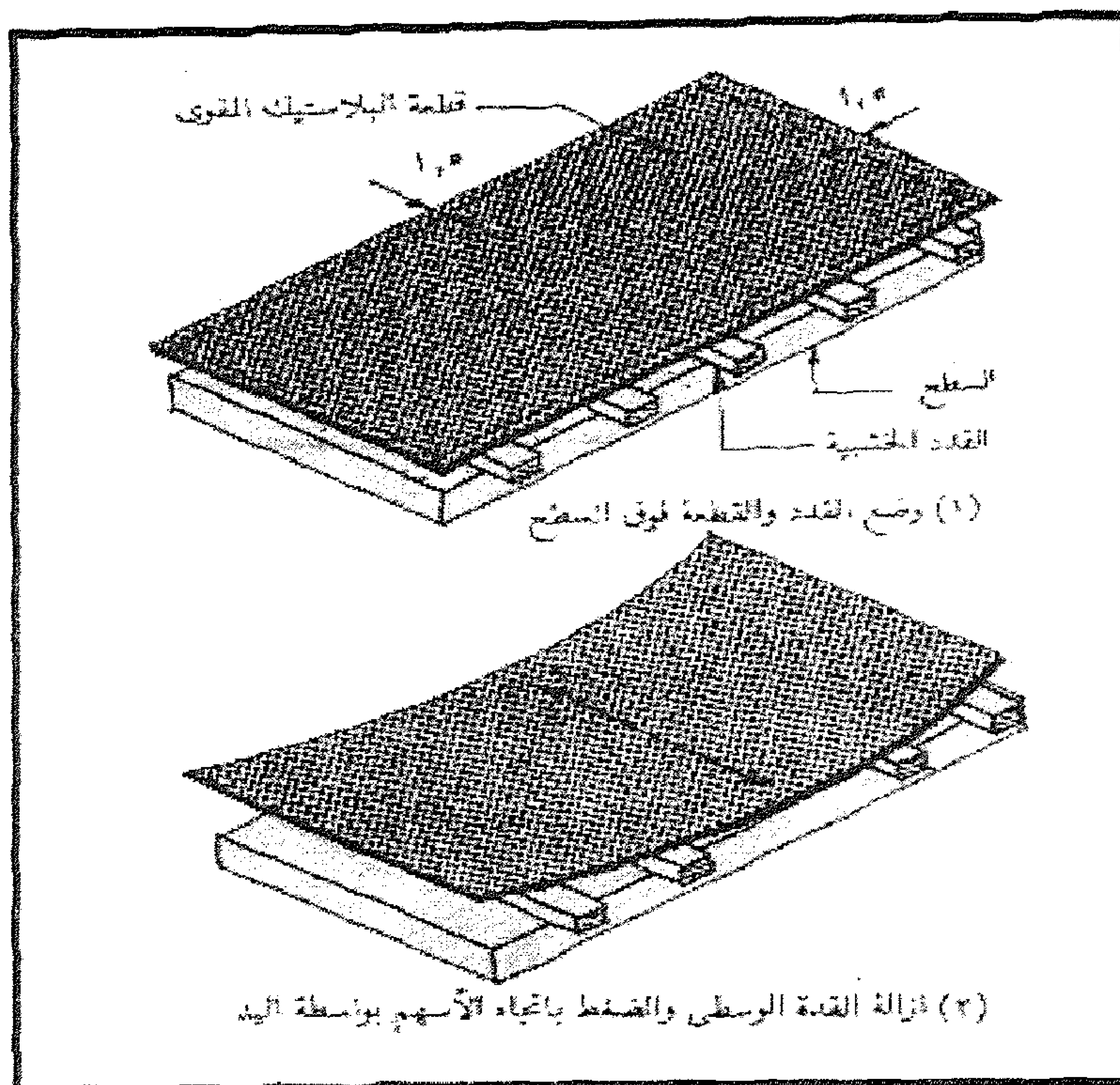
(5) تلصق قطعة الفورمايكا على السطح بحرص شديد لمنع فتلانها، ويتم الضغط عليها جيداً باليد أو بقطعة خشبية ناعمة لمنع حدوث خدش في سطح الفورمايكا.

(6) أما اذا كانت المساحة المراد لصقها واسعة تتم حسب الخطوات السابقة ويتم وضع قدد أو مساطر أو بيش من الأخشاب فوق السطح المراد لصقه أسفل الفورمايكا ويتم لصق الفورمايكا جزء بعد الاخر ونسحب القدد بالتسلسل وذلك لضمان عدم التصاق الفورمايكا مائلة.

(7) وبذلك تكون قطعة الفورمايكا استقرت مكانها دون حدوث أي انحراف أو نقص بالطول أو بالعرض.

(8) بعد الجفاف التام تزال الزوائد عن الحواف بواسطة الفارة أو الرابوخ أو باستخدام المبرد الناعم باتجاه اللصق وليس عكسه لضمان عدم تكسر حواف القطعة.

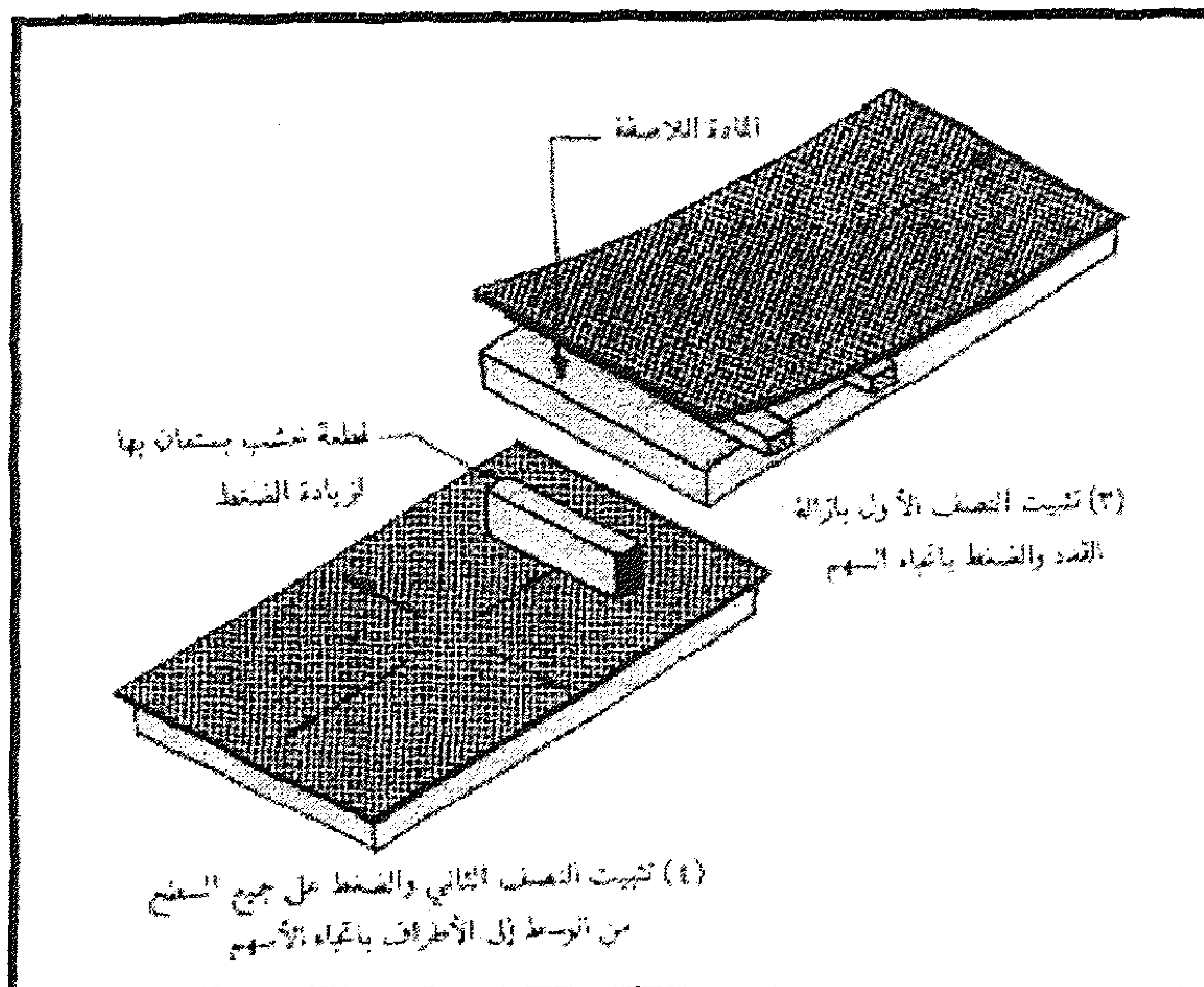
والشكل التالي يبين طريقة تركيب ألواح الفورمايكا/البلاستيك أو اللدائن:



(١) وضع القدد والقطعة فوق السطح

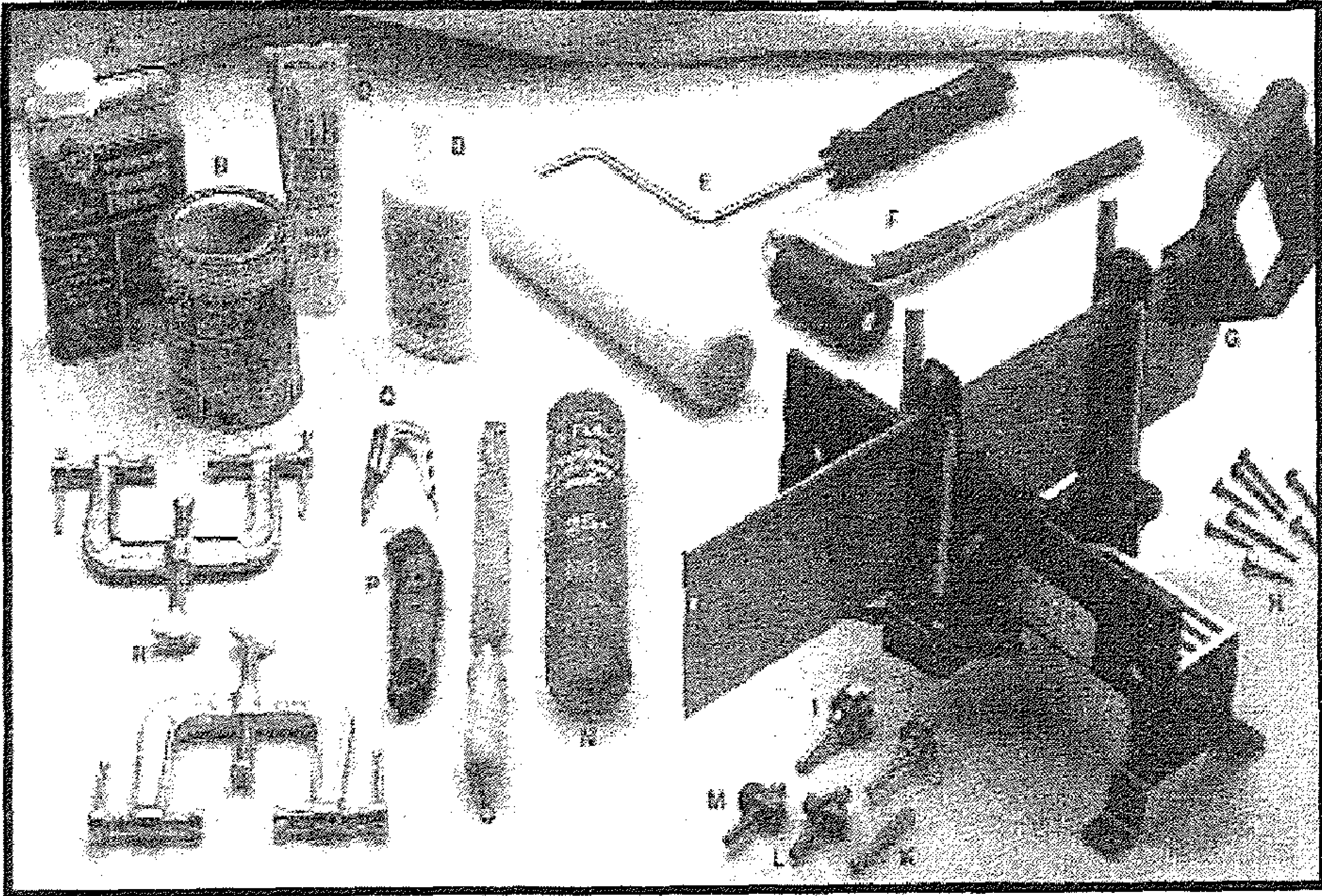
(٢) ازالة القدة الوسطى والضغط باتجاه الأسهم بواسطة اليد

طريقة تركيب الفورمايكا باستخدام القدد أو البيش:

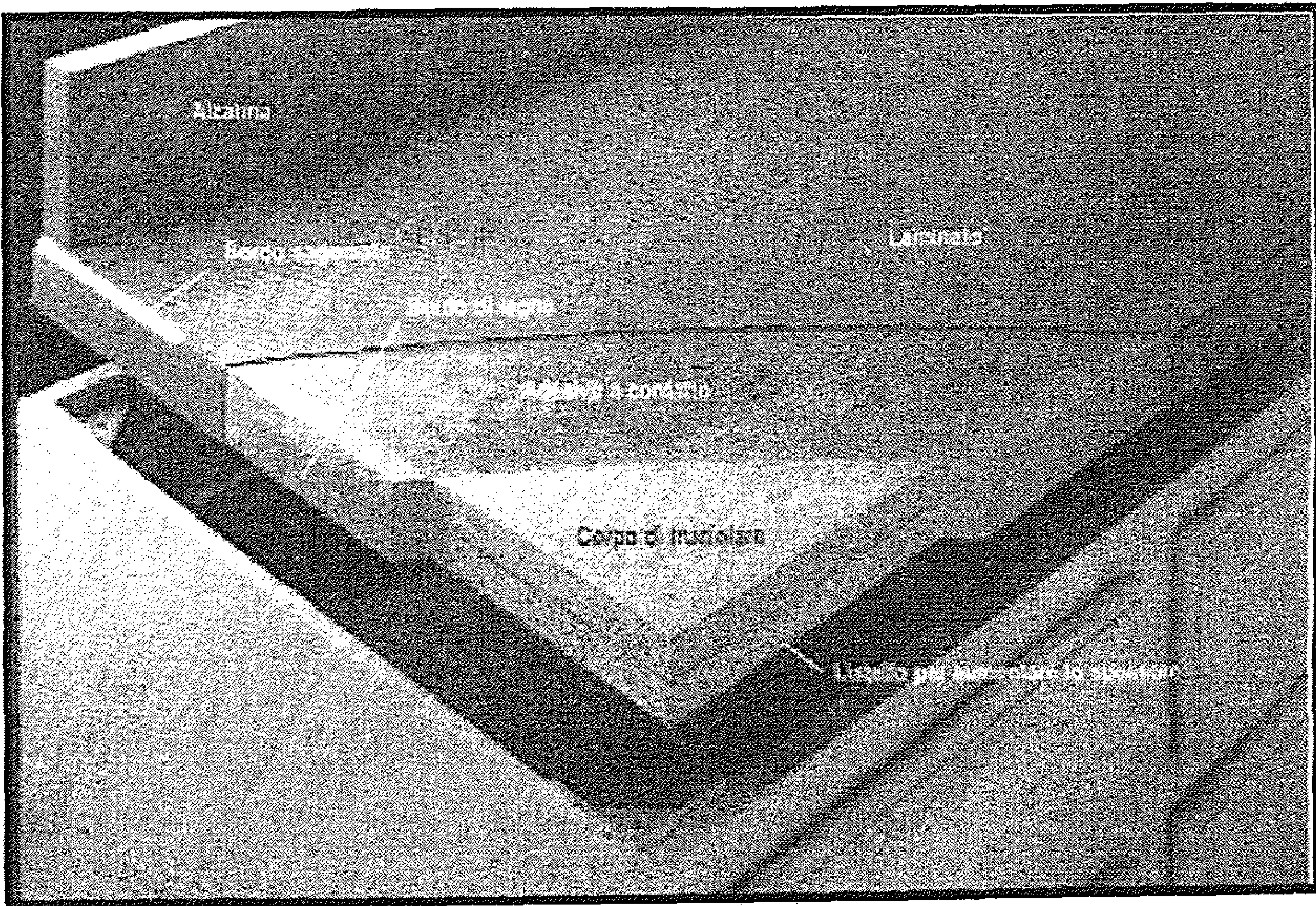


(٣) تثبيت النصف الأول بإزالة القدد والضغط باتجاه السهم

(٤) تثبيت النصف الثاني والضغط على جميع السطح من الوسط إلى الأطراف باتجاه الأسهم



العدد والادوات المستخدمة في تركيب اللدائن البلاستيكية/الفورمايكا



الشكل يبين الأنواع مختلفة من الخشب

(الخشب المضغوط، والحواف من البلوط والتغطية من اللدائن البلاستيكية/الفورمايكا).

10

الفصل العاشر

الجبس
(جبصين)

الجبس (جبصين)

الجبص:

استخدم الجبس من قديم الزمان في تزيين الجدران، وشهدت الحضارات القديمة في بلاد المغرب والرافدين والشام والهند والصين أعمالا فنية رائعة من الجبس ما تزال آثارها قائمة حتى يومنا هذا، "الجبس من المواد سهلة التشكيل، شاع استخدامه في كثير من البلدان للزخرفة الملونة وغير الملونة، إضافة إلى استخدامه في المجالات العمرانية كافة، وفي جميع الأمكنة سواء أكانت عامة أم خاصة، وفي غرف المنزل، في الأسقف، وفوق النوافذ والأبواب وعلى الجدران والزوايا، حتى المطابخ والحمامات، كما استخدم في التزيين الخارجي.

وللدلالة على الأهمية التي كان يتمتع بها الجبس في عهد الرومان فقد صدرت تشريعات خاصة تحتم على أصحاب المباني تلييس الجدران بمادة الجبس المقاومة للحريق، وذلك تلافيا لانتشارالحرائق، وهذا يدل على أن الأقدمين عرفوا الخواص التي يتمتع بها الجبس وخاصة مقاومة الحريق، كما يعرفها ويدركها المختصون والمهتمون بمواد البناء في عصرنا الحاضر.

ومن المعلوم أن مدينة باريس تقوم على مساحات شاسعة من خامات الجبس ذات اللون الأبيض، وقد عرف الفرنسيون منذ القدم طريقة استخراج هذه الخامات وتصنيعها واستعمالها في تلييس الجدران وأطلق عليها اسم جص باريس (plaster of paris)، ولا يزال يعرف الجبس عالميا بهذا الاسم.

كانت طرق تصنيع الجبس قديما بدائية، حيث تحرق الخامات في أفران مفتوحة وبدون ضبط لدرجات الحرارة، مما كان ينتج عنة جبس قليل الجودة الأمر الذي قلل من انتشار إستخدامه، ومع التقدم العلمي والتقني أُكتشفت في أواخر القرن التاسع عشر طرقاً جديدة لتصنيع الجبس، حيث بدأ الجبس عهداً تجارياً جديداً وانتشر بسرعة في جميع أنحاء العالم، وأصبحت صناعته من الصناعات الرئيسة في العالم.

يعد الجبس من الخامات الأرضية الشائعة، وهو من أكثر معادن الكبريتات انتشارا في الطبيعة كمعدن أو كصخر رسوبي، ويتواجد عادة مع الحجر الجيري والدولوميت والطين، كما أنه يتداخل مع معدن الأنهيدريت – كبريتات الكالسيوم اللامائية– ويكون لونه عادة أبيض أو رمادي، وفي بعض الأحيان مائلا إلى الاحمرار، ويوجد الجبس في الطبيعة إما على سطح الأرض أو على أعماق متفاوتة قد تصل إلى أكثر من 350متر.

الجص أو الجبس هو مادة صلبة مكونة من ثنائي هيدرات كبريتات الكالسيوم (الصيغة الكيميائية $CaSO_4.2H_2O$). من الخامات المتوفرة بكثرة في الأرض وهو أكثر معدن كبريتي منتشر في الطبيعة بأحد شكليه المعدني أو صخر رسوبي وهو يتداخل مع معدن الأنهدريت (كبريتات الكالسيوم اللامائية) ويتواجد مع الدولوميت والطين والحجر الجيري وهو ذو لون رمادي أوأبيض ويميل إلى الإحمرار في بعض الأحيان.

الجبس مادة مهمة في مجال العمارة حيث ثبت استخدامها على نطاق واسع منذ العصر الفرعوني كخامة مونة أو كطبقة بياض كما استخدمه الإغريق والرومان في البياض.

والجبس الذى استخدم قديما في المنشآت هو المادة الناتجة عن حرق صخر الجبس وتركيبة الكيميائي $CaSO_4.2H_2O$ عند درجات حرارة مناسبة.

نشأة الجبس:

يوجد الجبس في الصخور الرسوبية في هيئة طبقات سميكة إذ تتداخل طبقات الجبس عادة مع طبقات الحجر الجيري والطفل. كما يوجد المعدن أيضا في هيئة طبقات أسفل طبقات الملح الصخري حيث يترسب الجبس قبل الهاليت أثناء عملية تبلور الأملاح نتيجة التبخر.

كما ينتج معدن الجبس غالبا من تميز معدن الانهرديت وتسبب هذه العملية طي الطبقات نتيجة لإزدياد حجم الجبس عن حجم الانهدريت الأصلي.

تركيب الجبس:

يذكر Mills أن خام الجبس النقى يتكون من كبريتات الكالسيوم المائية ذات الرمز اليكيائى $CaSO_4.\ 2H_2O$.

صناعة الجبس:

بعد استخراج الجبس (الخام الطبيعي) إما باستعمال المتفجرات أو آلياً.

عندما نستخدم طرق الحفر المفتوحة بعد إزالة الغطاء السطحي لتجنب تشويه الطبقات يراعى ثبات المنحدر وصغر المسافة الرأسية في الحفر المفتوحة وعمل ضوابط أثناء استخراجه وتحليل العينات الجبسية عند كل مستوى ونطلق على هذه الطريقة اسم طريقة التعدين السطحي.

أما إذا استخدمنا طريقة الدعائم والغرف والتي هي الأكثر انتشاراً في التعدين حيث تتطلب وفرة الاحتياط من الخام وأن يكون ذي جودة عالية وقريباً من الأسواق الطالبة له وتوفر وحدة معالجة الكلس ورخص أجور النقل والقدرة على منافسة المنتجات البديلة حيث نسمي هذه الطريقة بطريقة التعدين تحت السطحي.

تؤخذ الحجارة الجيولوجية الطبيعية المستخرجة من المناجم وتنقل في شاحنات ضخمة إلى المصانع لتطحن إلى حبيبات صغيرة جدا يسهل طهيها وذلك باستعمال وحدة من وحدات المصنع تسمى هذه الوحدة بوحدة التفتيت التي تقوم بإنتاج 450000 طن في السنة من الجبس حيث ثلث الإنتاج يوجه إلى صناعة الاسمنت والاخر ينقل إلى السحق من جديد وتفصل حبيباته حسب القطر وذلك باستعمال الغربلة فيعطينا:

1. جبس نسبة حبيباته من 6 إلى 80 مم يطرح إلى مساحة تكون فيها الاشكال متجانسة
2. جبس نسبة حبيباته أكثر من 80 مم يمر بمفتت ذو اسطوانيتين من اجل طحنه مرة أخرى لتصبح حبيباته اقل من 80 مم ويرسل بعد ذلك عن طريق شريط ناقل ليتم طهيه في افران خاصة.

أنواع الافران:

هناك أنواع عديدة من الافران لطهي الجبس.

- الفرن الشبكي:

هو فرن مختص بطهي الجبس الذي حبيباته تتراوح اقطارها ما بين 7 – 80مم حيث يقوم هذا الفرن 17 طن في الساعة وتصل درجة حرارته 1000 درجة مما يؤدي إلى صنع جبس مطهر بشدة وجاف بسبب تبخر الماء ودرجة حرارة هذا الفرن كافية لطهي الجزيئات الكبيرة من الجبس.

الفرن الدوار:

هو فرن مختص بطهي الجبس الذي قطر حبيباته 7 مم ودرجة حرارته تقدر ب 150 درجة وهذا ما يؤدي إلى إنتاج جبس نصف مميه (CaSO 1/2H2O) ومن ثم يمرر الجبس بالسحق والغربلة قبل التخزين في خزانات سعتها 800 طن ويقوم بطهي 15طن في الساعة عملية الطهي ترافقها عملية الغربلة للتحصل على جزيئات متجانسة تمر عبر غرابيل ذات اقطار اقل من 1,25 مم اما بالنسبة للعناصر التي تمر تعاد إلى السحق مرة أخرى من اجل الاقتصاد وعدم اضاعة الجبس تنتج من عملية الطهي حبيبات جبس متعطشة اي تحتاج إلى جزيئات الماء ترتبط مع بعضها البعض هذا ما يساعد في عملية التصلب حيث انه بمجرد إضافة الماء إلى الجبس تتم عملية التفاعل وبالتالي نصل إلى الغرض الذي نبحث عنه في عملية البناء.

لذلك كله ومن أجل صناعة الجبس نقوم بـ: تكسير الخامات المستخرجة إلى قطع صغيرة على مرحلتين:

1. تكسير أولي لإنقاص الحجم إلى قطع صغيرة.
2. تكسير ثانوي ليصبح بحجم العدسات وتخزن بالمستودعات لإرساله إلى المحمصة فيما بعد.

ويستخرج الجبس بعد أن يغسل ويغربل ونفصل الشوائب عنه ومن بعدها يجفف.

بعد ذلك كله يرسل إلى التحميص ويوضع في الفرن عند درجة حرارة /130/درجة مئوية ويبقى في الفرن لفترة كافية ريثما يطرد (4/3) الماء الذي بداخله.

وعندها يظهر عندنا نوعان من الجبس:

1. جبس ألفا نصف مائي.
2. جبس بيتا نصف.

حيث يتلاقى النوعان في التبلور ولكن جبس ألفا أقل قابلية للتفاعل.

صناعة الجبس:

بعد استخراج الجبس (الخام الطبيعي) إما باستعمال المتفجرات أو آلياً.

عندما نستخدم طرق الحفر المفتوحة بعد إزالة الغطاء السطحي لتجنب تشويه الطبقات يراعى ثبات المنحدر وصغر المسافة الرأسية في الحفر المفتوحة وعمل ضوابط أثناء استخراجه وتحليل العينات الجبسية عند كل مستوى ونطلق على هذه الطريقة اسم طريقة التعدين السطحي.

أما إذا استخدمنا طريقة الدعائم والغرف والتي هي الأكثر انتشاراً في التعدين حيث تتطلب وفرة الاحتياط من الخام وأن يكون ذي جودة عالية وقريباً من الأسواق الطالبة له وتوفر وحدة معالجة الكلس ورخص أجور النقل والقدرة على منافسة المنتجات البديلة حيث نسمي هذه الطريقة بطريقة التعدين تحت السطحي.

لذلك كله ومن أجل صناعة الجبس نقوم بـ: تكسير الخامات المستخرجة إلى قطع صغيرة على مرحلتين:

1. تكسير أولي لإنقاص الحجم إلى قطع صغيرة.

2. تكسير ثانوي ليصبح بحجم العدسات وتخزن بالمستودعات لإرساله إلى المحمصة فيما بعد.

ويستخرج الجبس بعد أن يغسل ويغربل ونفصل الشوائب عنه ومن بعدها يجفف.

بعد ذلك كله يرسل إلى التحميص ويوضع في الفرن عند درجة حرارة /130/درجة مئوية ويبقى في الفرن لفترة كافية ريثما يطرد (4/3) الماء الذي بداخله حيث تصبح صيغته الكيميائية:



$$CaSO_4.1/2H_2O+1.5H_2O = CaSO_4.1/2H_2O(CaSO_4.2H_2O)$$

وعندها يظهر عندنا نوعان من الجبس:

1. جبس ألفا نصف مائي.
2. جبس بيتا نصف مائي.

حيث يتلاقى النوعان في التبلور ولكن جبس ألفا أقل قابلية للتفاعل والذوبان لذلك يتطلب كمية كبيرة من الماء وفترة زمنية أطول للتصلب وهو الأكثر رواجاً واستخداماً وإنتاجاً.

بعد التحميص يرسل الجبس إلى المطاحن ليتم طحنه حسب الطلب ويرسل إلى مستودعات خاصة لكي يتم تعبئته بأكياس خاصة، وذلك بعد أن تؤخذ منه عينات وإجراء الاختبارات لمعرفة النقاوة وزمن التصلب وقوة الدق وأنواع الشوائب ونسبتها ليتم التصنيف.

مراحل لإزالة الشوائب:

أ. الغسل لإزالة الشوائب القابلة للذوبان وإزالة الشوائب العضوية بالطفو على الماء.

ب. التجفيف بنزع الماء جزئياً.

ج. تبلور المزيج المكون من كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء والنصف مائية وذلك لإيجاد شكل سهل لكي لايسبب صعوبات أثناء التصنيع.

د. طحن المنتج إلى جسيمات بالحجم المراد إيجاده.

ولذوبان لذلك يتطلب كمية كبيرة من الماء وفترة زمنية أطول للتصلب وهو الأكثر رواجاً واستخداماً وإنتاجاً.

بعد التحميص يرسل الجبس إلى المطاحن ليتم طحنه حسب الطلب ويرسل إلى مستودعات خاصة لكي يتم تعبئته بأكياس خاصة، وذلك بعد أن تؤخذ منه عينات وإجراء الاختبارات لمعرفة النقاوة وزمن التصلب وقوة الدق وأنواع الشوائب ونسبتها ليتم التصنيف.

ويبين الجدول التالي المعلومات الأساسية للجبص:

القسم	معدن
اللون	أبيض إلى رمادي، أحمر وردي
الفصيلة البلورية	أحادي الميل
التشقق	2 جيد (60 – 114)
المكسر	Conchoidal, sometimes fibrous
الصلادة حسب مقياس موهس	1.5 – 2
البريق	حسب العينة زجاجي إلى حريري أو لؤلؤي
المخدش	أبيض
الوزن التوعي	2.33 – 2.31
قابلية الذوبان	لا يتفاعل مع الأحماض
الصيغة الكيميائية	$CaSO_4 . 2H_2O$.

خواص الجبس:

أولا: الخواص الفيزيائية:

اللون: يختلف نوع الجبس من الأبيض أو الرمادى أو مائل إلى الإصفرار أو البنى أو الأحمر وذلك تبعا لنوعية الشوائب الموجودة به.

درجة النعومة: تختلف درجة النعومة بإختلاف نوع الجبس.

ثانيا: الخواص الميكانيكية:

تتراوح قوة تحمل الجبس للضغط من 50 – 200 كجم/سم^2 وتتوقف هذه المقاومة على المواد المصنفة للجبس لتقليل:

- سرعة شكة.
- درجة حرارة تكليس الخام.
- كمية الماء اللازمة لعمل عجينة لرنة من الجبس فتزيد مقاومة الجبس للضغط كلما قلت كمية الماء.
- درجة جفاف الجبس ومقاومة الشد للجبس ضعيفة ومعاير مرونة الجبس حوالي 70 طن/سم^2. كما تأثرت خاصية مقاومة الضغط تبعا لنسبة الرمل والركام المضافة وكذلك نسبة الجير والأسمنت ونسبة المياة المضافة أيضا حيث استنتج أن خاصية مقثاومة الضغط تزيد مع الإقلال من كمية الماء المضافة كما أن زيادة نسبة الأسمنت البورتلاندى تخفض المتانة.

بداية التصلب 8 دقائق •نهاية التصلب من 25 إلى 30 دقيقة. يوضع في أكياس تزن 40 كلغ.

- يباع الجبس في أكياس من 4 غلافات حتى تمنع تعرضه إلى الرطوبة أوالى تسرب الماء إليه لان هذين العاملين يتسببان في إفساده.
- كما يعد الجبس من أهم وسائل التزيين والديكورات للمنشأ ومن بين هذه الديكورات:

ويصنف الجبس حسب طريقة تكوينه إلى نوعين هما:

الجبس الطبيعي:

يوجد الجبس الطبيعي في تكوينات مع الصخر الملحي (Halite) علي هيئة رواسب سميكة واسعة الامتداد على شكل أجسام عدسية – بلورات أحادية طويلة ذات شكل منشوري – أو أجسام مسطحة أو كتل ليفية تتطابق مع الحجر الجيري أو الطفل أو الحجر الرملي أو الطين على امتداد العمود الجيولوجي، خصوصاً في البيئات الجيولوجية المنخفضة.

عوامل ترسيب الجبس الطبيعي: تتطلب عملية ترسيب الجبس ضمن تكوينات الصخور الملحية عدة عوامل هي:

1. وجود ذراع محدود من بحر، أو بحيرة، أو حوض مائي.
2. تبخر مياه ضحلة في بيئة جافة.
3. إعادة حقن الحوض بالماء.
4. إنخساف أو غوص متدرج لقاع الحوض.
5. ترسب الأنهيدريت ($CaSO_4$) أولاً من المحاليل المشبعة من جراء عملية التبخر.

ونتيجة لعمليات التجوية والتميؤ يتكون الجبس الذي يتواجد دائماً فوق الأنهيدريت في التتابع الصخري ويدل على ذلك وجود بقايا متآكلة من بلورات الأنهيدريت، كما أن التشققات الموجودة في الأنهيدريت تكون معبأة بالجبس.

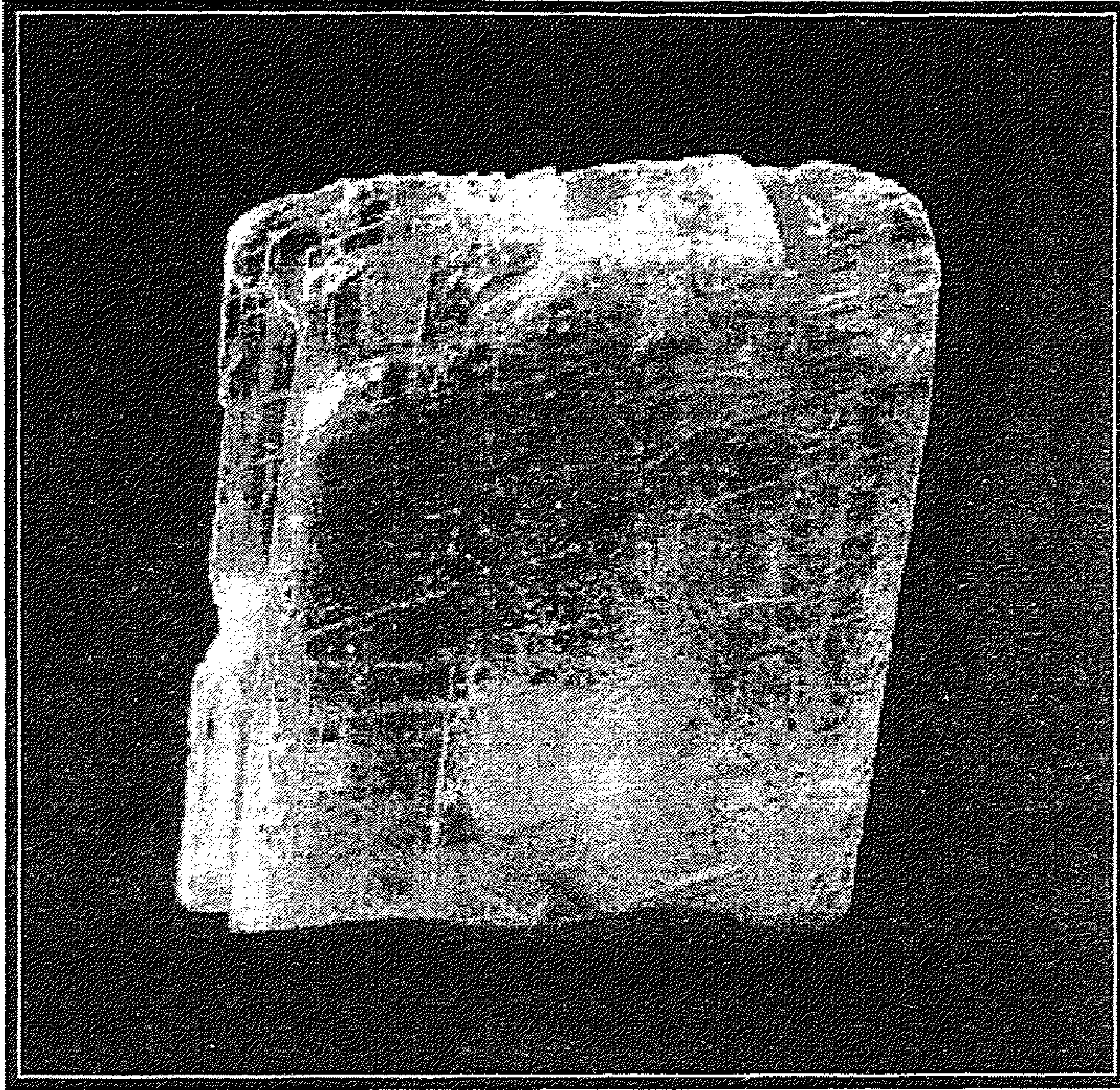
أنواع الجبس الطبيعي:

يتشكل الجبس الطبيعي على هيئة ثلاثة أنواع هي كبريتات كالسيوم مائية($CaSO_4.2H_2O$)، وكبريتات كالسيوم نصف مائية ($CaSO_4.1/2H_2O$)، وكبريتات كالسيوم لا مائية ($CaSO_4$).

صور الجبس في الطبيعة: يوجد خام الجبس في الطبيعة في عدة أشكال أهمها:

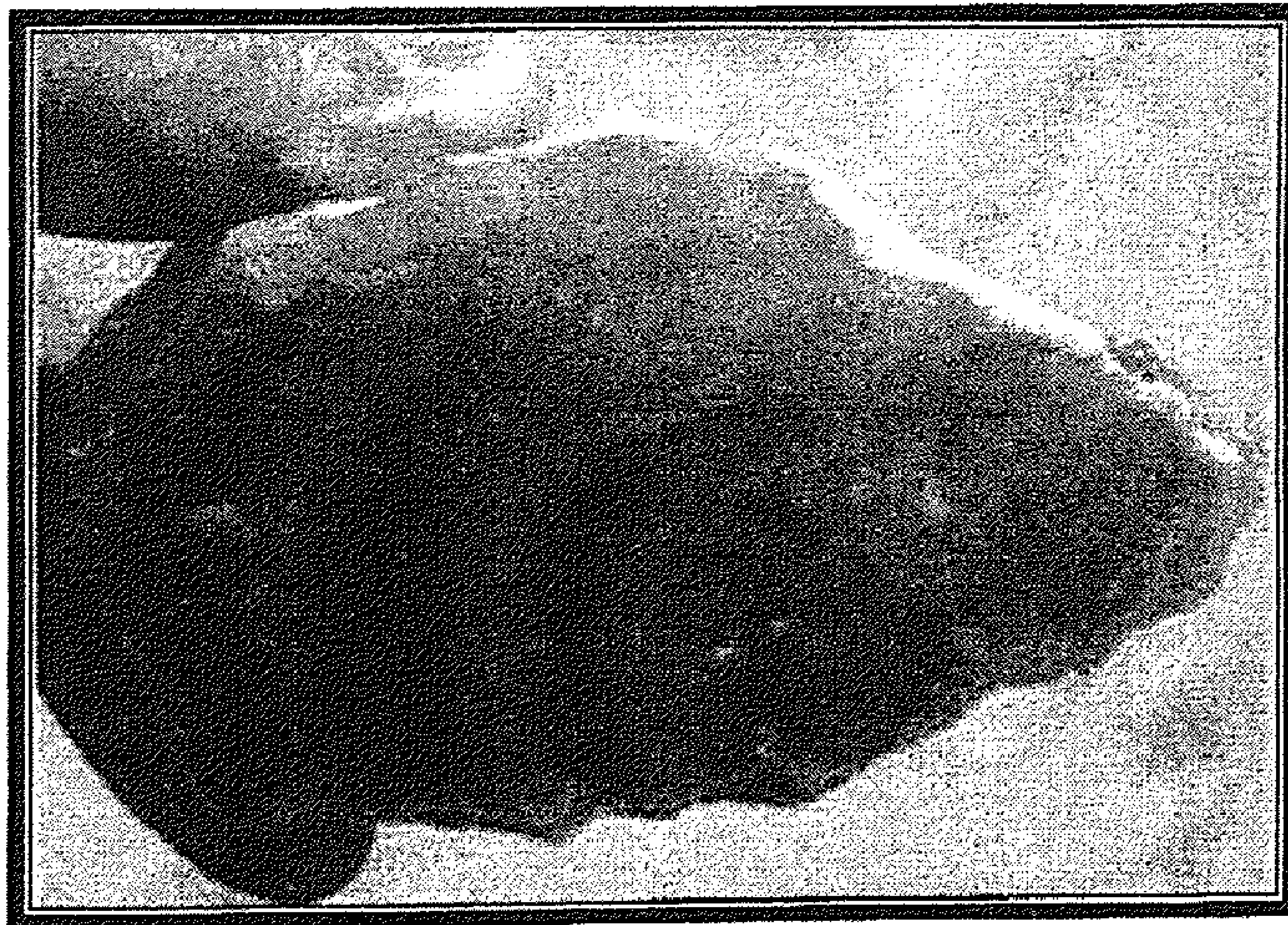
جبسيت (Gypsite): وهو راسب أرضي دقيق الحبيبات غيرنقي ومصحوب بالطين والرمل أو بالطبقات الحمراء.

سيلينايت (Selenite): ويعد أجود أنواع الجبس وهو عبارة عن بلورات أحادية شفافة كاملة ومتشققة.



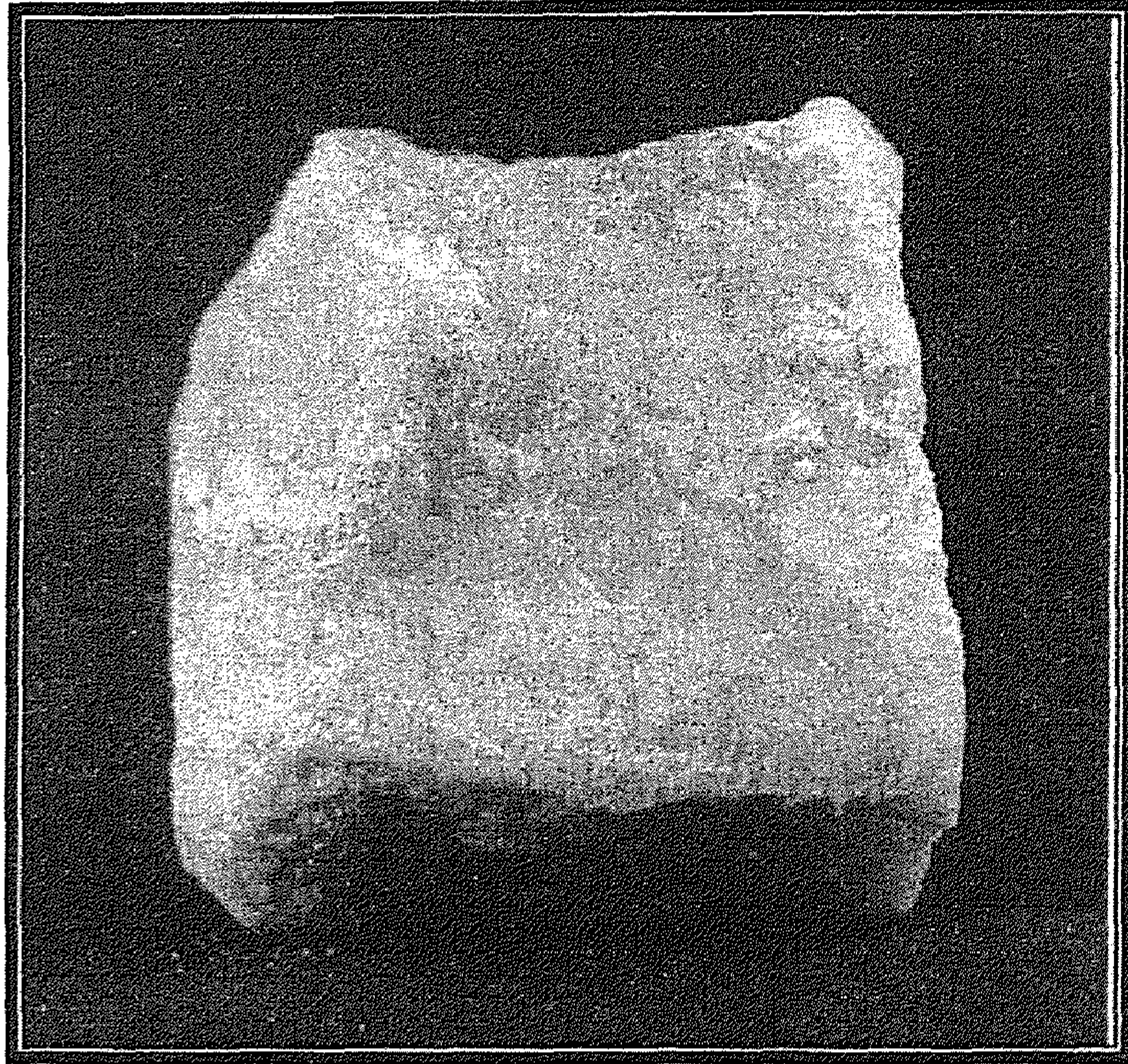
سيلينايت 1

المرمر (Alabaster): وهو عبارة عن كتل دقيقة الحبيبات يتهافت عليها النحاتون لسهولة قطعها وتشكيلها، حيث ينحت على شكل أوانٍ للأزهار أو الزخارف.



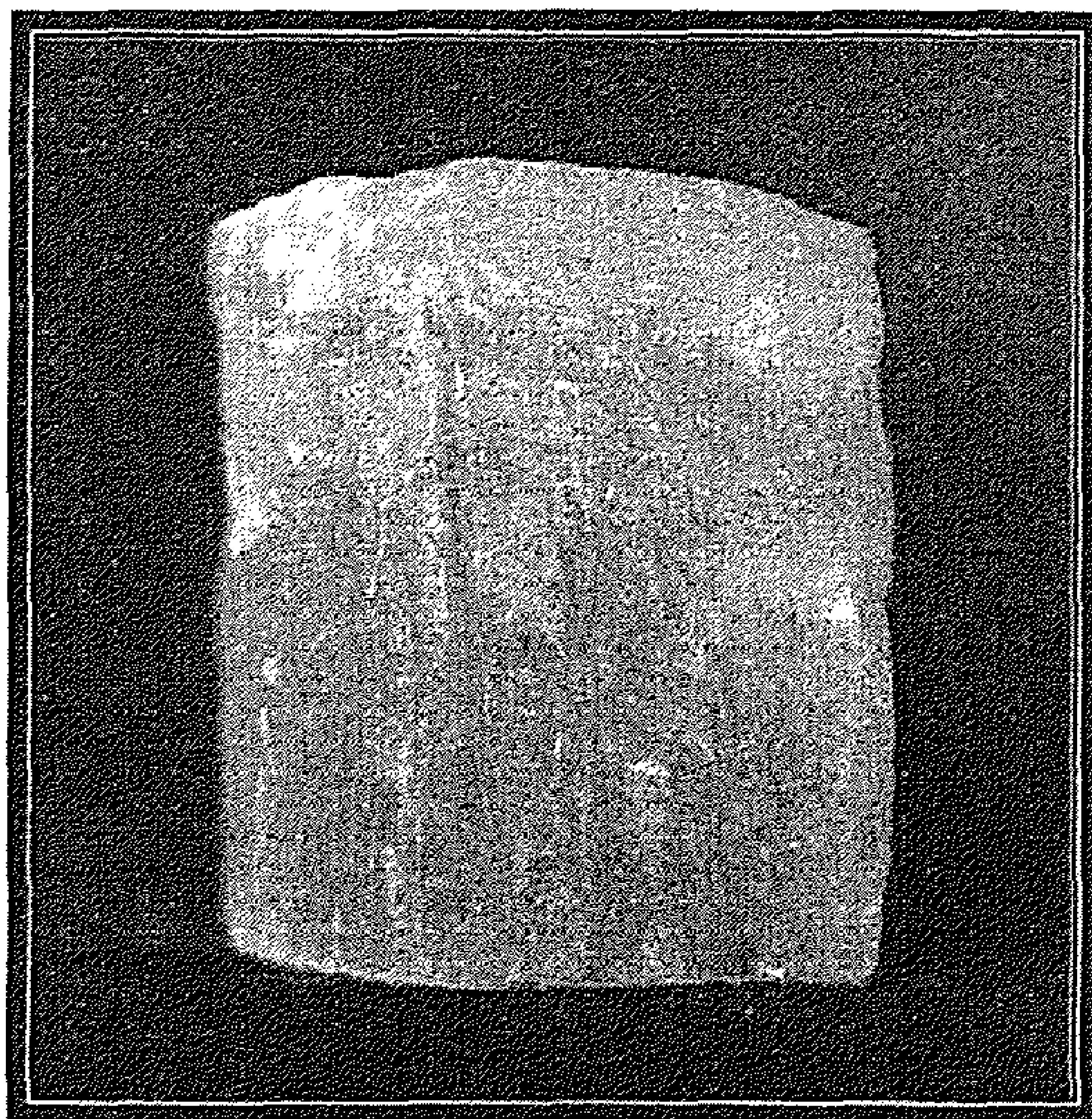
المرمر

جبس صخري (Rocky Gypsum): وهو نوع متماسك قشري أو محبب وعادة ما يكون غيرنقي.



جبس صخري

ألياف متوازية (Satinspar): وهي عبارة عن جبس كثير التشقق، يوجد على هيئة ألياف متنوعة تتميز بلمعة حريرية.



ألياف متوازية

وهناك أنواع أخرى من الجبس اشتهرت بأسماء تجارية هي:

1) جبس ناتج بإزالة ماء التبلور جزئيا:

أ. **بياض باريس:** يحصل عليه اذا ما أضيفت مواد أخرى للجبس بعدالتسخين وزمن الشك5 – 15 دقيقه ولا يستخدم في الأعمال الانشائية ويستخدم في صب القوالب وفي أغراض الديكور.

ب. **بياض الحوائط الصلب:** يحصل عليه اذا إحتوى خام الجبس شوائب طبيعية أو بإضافة للجبس الناتج بعد التسخين بغرض تحسين التشغيل وتأخير زمن الشك ويستخدم في الأعمال الهندسية وفي أعمال البياض إما بخلطة مع الرمل لطبقة البطانة أو بعجينة من الجبس والماء فقط للطبقة السطحية وينقسم بياض الحوائط الصلب إلى:

1. جبس عادي: كبريتات الكالسيوم حوالي 60٪ ، درجة الحرق 120 – 180 م، مقاومة الضغط 30 – 50كجم/سم^2. النعومة: (وزن المحجوز على منخل 100) 25٪، زمن الشك 5 – 15 دقيقه، نسبة الشوائب لا تزيد عن 20٪، معايير الكسر بعد يوم 10 كجم/سم^2، معايير الكسر بعد 7 أيام 20كجم/سم^2.
2. جبس مصيص: كبريتات الكالسيوم 80٪، درجة الحرق 120 – 700م، مقاومة الضغط 50– 100كجم/سم^2، النعومة 15٪، زمن الشك 15– 60 دقيقه، نسبة الشوائب لا تزيد عن 5٪، معايير الكسر بعد يوم 15 كجم/سم^2، معايير الكسر بعد 7 أيام كجم/سم^2.
3. جبس التشكيل: كبريتات الكالسيوم 90٪، درجة الحرق:120 – 130 م (ضغط بخار ماء) 80 – 90م (محلول الشبه الساخن).
   - مقاومة الضغط 400 – 500 كجم/سم^2.
   - النعومة 5٪ .
   - زمن الشك 15 – 40 دقيقة.
   - نسبة الشوائب لا تزيد عن 2٪ .

- معاير الكسر بعد ساعة 15 كجم/سم^2.
- معاير الكسر بعد 7 ايام 40 كجم/سم^2.

2) جبس ناتج بإزالة ماء التبلر كليا، وينقسم الى:

أ. **بياض الارضيات Casting Plaster**: ينتج من تكليس الجبس النقي وهو عبارة عن كبريتات كالسيوم نقية.

ب. **بياض التشطيب الصلب (اسمنت كين) Cement Keen's**: ينتج من تكليس الجبس المضاف اليه الشبه أو البوراكس لدرجة الاحمرار حوالى (1300 مْ) ثم يطحن الجبس الناتج لدرجة نعومه عالية وزمن الشك حوالي ساعة واحده وله مقاومة عالية لتحمل الاجهادات.

خواص الجبس *Properties of Gypsum*:

تحدد خواص الجبس تبعا للمواصفات القياسية عن طريق:

- اللون: جبس التشكيل وجبس المصيص ابيض اللون بينما الجبس العادي يميل الى الصفرة أو الرمادي.
- النعومة: يمر الجبس من منخل 1.25مم ويجب ألا يزيد المحجوز على منخل 0.15 عن النسب المبينة.
- زمن الشك: لجميع أنواع الجبس لا يقل عن 15 دقيقه ولا يزيد عن 1 ساعة
- معاير الكسر (في الانحناء): يجب ألا يقل عن القيم المذكورة في الجدول لكل نوع.

العوامل المؤثرة على خواص الجبس:

تتأثر خواص الجبس بالعوامل التالية:

- درجة نقاوة المادة الخام.
- درجة حرارة التسخين.
- المعالجه الكيميائيه اثناء الصناعه.
- اضافات تحسين الخواص.

إضافات تحسين خواص الجبس:

تضاف بعض المواد الى الجبس للحصول على خواص معينه ومن امثلتها:

- لسهولة عملية التشغيل: يضاف الطين – الجير المطفي – الشب.
- لتأخير زمن الشك: يضاف الغراء والمواد العضوية.
- لزيادة التماسك في البياض: يضاف نشارة الخشب وشعر الخيل.
- للاسراع في زمن الشك: يضاف كبريتات الكالسيوم والألومونيوم.

قوة تحمل الجبس المستخدم في اعمال البناء:

قوة تحمل الجبس للضغط بين 50 – 200كجم/سم^2.

والعوامل التي تؤثر على قوة تحمله هي:

1. المواد المضافة للتحكم في زمن الشك ودرجة الحرارة اللازمة للحرق بالأفران.
2. كمية الماء المستخدم للتحكم في خلط الجبس حيث ان زيادة ماء الخلط يؤدي الى نقص القوه.
3. زيادة درجة الرطوبة بالجبس تؤدي الى ضعف الجبس.
4. يحصل الجبس على 50٪ من قوته بعد حوالي 24 ساعة ومقاومة مونة الجبس والرمل أقل من مقاومة الجبس فقط.
5. قوة تحمل الجبس للشد ضعيفة جدا ولذلك يضاف الشعر ونشارة الخشب لزيادة التماسك.

إختبارات الجبس:

1. اختبار تعيين النعومة.
2. تعيين كمية الماء القياسية للشك.
3. اختبار تعيين زمن الشك.
4. تعيين معامل الكسر (تحديد مقاومة الانحناء).

1. اختبار تعيين النعومة: أهمية نعومة الجبس الى أن التفاعل يحدث على السطح الخارجي للحبيبات (بزيادة المساحة السطحية يزداد سرعة معدل التفاعل وبالتالي المقاومة النهائيه لمادة اللاصقة).

الطريقة: تؤخذ العينات بطريقة التقسيم الرباعي وتنخل على كل من المنخلين 100،14 ويوزن المحجوز على كل منهما.

درجة النعومة هي:

النسبه المئوية المحجوزة على المنخل 100 = (وزن المحجوز على المنخل 100 ÷ وزن العينه) × 100

النتيجة: للبلدي يجب ألا تزيد عن 25٪ وللمصيص عن 15٪ وللتشغيل عن 5٪.

2. تعيين كمية الماء القياسية للشك: يستعمل عدد من عينات الجبس وزن كل منها 100 جم.

الجهاز: جهاز فيكات Vickat's appar.

الطريقه: يتم عمل عجينة من الجبس والماء (ينثر الجبس على سطح الماء) وتوضع في القالب وتترك اسطوانة الجهاز لتحدث اختراق داخل العجينة.

تقاس كمية الماء القياسية بطريقتين وهما:

1. كمية الماء اللازم إضافتها الى 100 غم من الجبس حتى تسمح لأسطوانة الجهاز ان تحدث اختراق قدره من 5 – 7مم من قاع قالب فيكات.
2. كمية الماء التى تحول شكل العجينه من أسطوانيه بقطر 5سم (حيث يتم استخدام إسطوانة وملئها بعجينه الجبس ثم تفريغها) الى شبه مخروط بقطر 12سم.
3. اختبار تعيين زمن الشك: تعتبر أسرع طريقه للتفرقة بين أنواع الجبس.

العينة: عجينة من الجبس 100جم مخلوطة بكمية من المياه القياسية.

الجهاز: جهاز فيكات مع استخدام ابرة رفيعة من المعدن مثبت بأعلاها أسطوانة صغيرة.

الطريقة: بعد وضع العجينة بالقالب (ارتفاعه 40 مم) يسمح لإسطوانة الجهاز ومعها الابره بأن تحدث اختراق للعجينة بالقالب.

يقاس زمن الشك الابتدائي على انه:

الزمن الذي يمضي بين لحظة اضافة الماء ولحظة وصول الابرة الى مسافة 3مم من القاع (أو 37 مم من السطح).

4. تعيين معامل الكسر (تحديد مقاومة الانحناء): يستخدم لتحديد مقاومة الانحناء.

العينة: عينات منشوريه أبعادها 40×40×160مم

الطريقة:

- ينثر 1700 غم من الجبس على كمية قياسية من الماء.
- تصب العجينة في قوالب سبق ترتيبها.
- بعد تمام شك العجينه تحفظ القوالب في درجة حرارة ورطوبة مناسبة.
- تختبر العينات بعد 24 ساعة وبعد 7 أيام من صبها وذلك في مكنة اختبار الانحناء.

استخدامات الجبس:

الاستعمالات الرئيسية للجبس في اعمال البناء:

1. بياض الحوائط حيث تستخدم مونة الجبس والرمل في طبقة البطانة وعجينة الجبس والماء في طبقة التشطيب السطحية.
2. يستخدم الجبس مع الأسمنت في أعمال المونه والبياض.

3. صناعة وحدات بناء من الجبس مثل الطوبات الجبسيه والبلوكات والبلاطات المسلحه بالأسلاك...الخ.
4. يستخدم كمادة عازله للحريق للمنشآت الحديدية.
5. الجبس من المواد الخفيفة ويمكن استخدامه في عمل الحوائط والقواطيع الداخليه (مع مراعاة عزله عن الماء).
6. يستخدم في عمل التماثيل وأغراض الديكور المختلفة.
7. بعض الاعمال الطبية (تجبير كسور العظام).
8. يدخل في صناعة طباشر السبورات في المؤسسات التعليمية وغيرها.

تحضير مونة الجبس:

الجبس المستخدم في تحضير مونة الجبس هو الجبس الصناعى الذى ينقسم طبقا للغرض من استعماله إلى:

1. الجبس البلدي (العادي) ويستعمل في مونة البناء.
2. جبس المصيص: ويستعمل في مونة البياض.
3. جبس التشكيل ويستعمل في التشكيل الفنى أو في بعض العمليات الطبية.

ولعل مونة الجبس يستخدم الجبس العادي حيث يتم إضافته إلى الماء وخلطه جيدا حتى الحصول على قوام مناسب للاستعمال وقد ثبتت أن مونة الجبس العادة تبدأ في الشك بعد مضى 6 دقائق من وقت إضافته للماء.

وتختلف سرعة الشك طبقا لنوع الجبس المستخدم ودرجة الحرارة المستخدمة في إحراقه وقت الصناعة وكذلك المسام بين بللوراته. لذلك نجد أن زمن شك بعض أنواع الجبس مثل جبس المصيص بطيئ الشك يصل إلى 60 دقيقة من وقت إضافة الماء إليه.

وعملية شك الجبس تفاعل كيميائي بين الجبس والماء ينتج عنها بعض الحرارة وفقد لجزء من ماء الخلط عن طريق البخر وزيادة قليلة في حجم الجبس الناتج.

وعندما تبدأ المونة في الشك يجب عدم إضافة ماء عليها وعدم استخدامها بعد الشك نظرا لفقدها قدرتها على الربط.

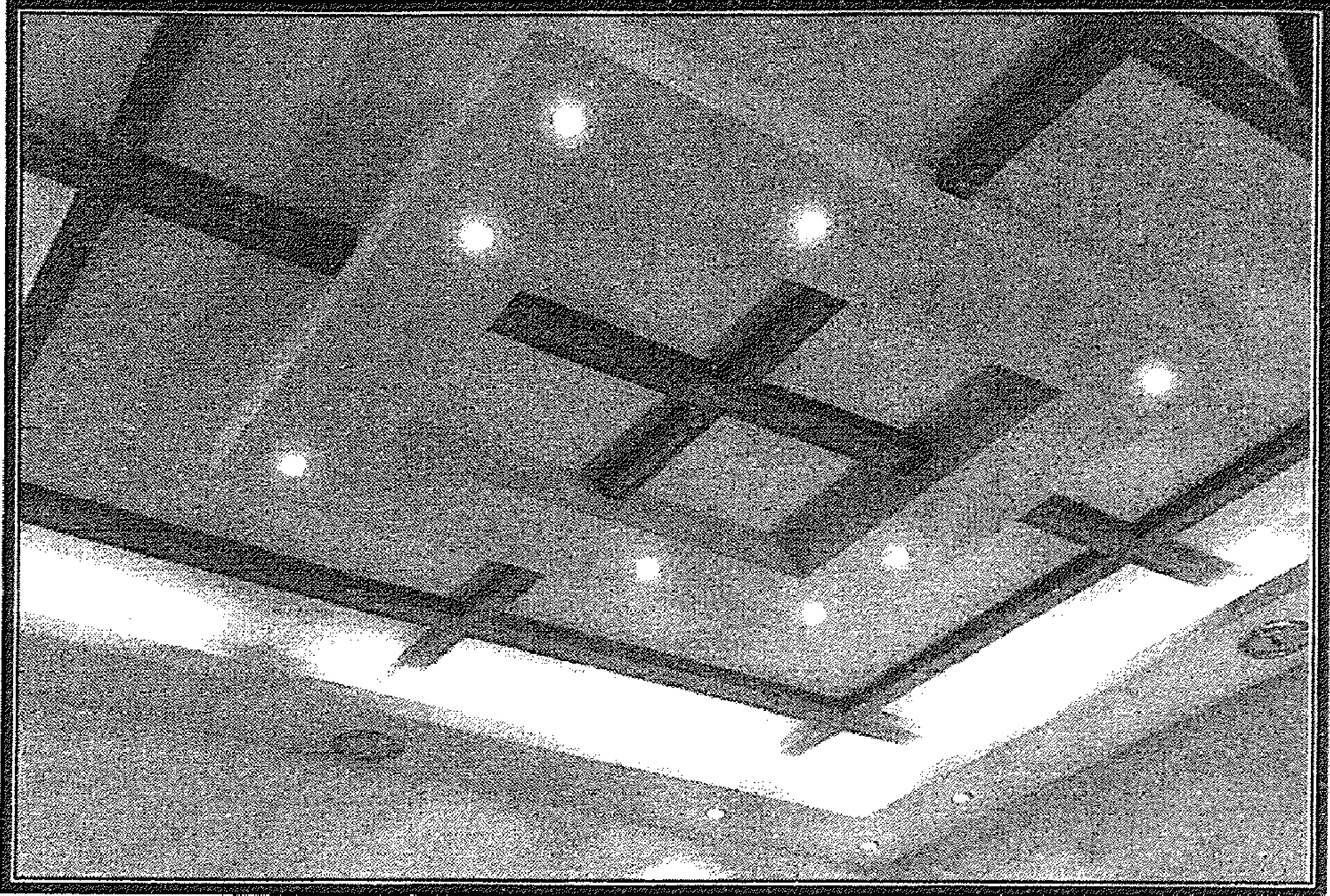
ومونة الجبس بعد الجفاف لا تمتص كميات كبيرة من الماء نظرا لأن بللوراتها تصبح متماسكة مع بعضها وقد ثبت أن الجبس يذوب ببطء في الماء لذلك لا ينصح باستخدامه في مونة البياض للأسطح الخارجية المعرضة للرطوبة في الأجواء الرطبة.

كما ثبت أيضا أن الجبس من الممكن أن يتحرك تلقائيا إلى انهردايت في الأجواء الحارة مما يضعف من ميكانيكيته.

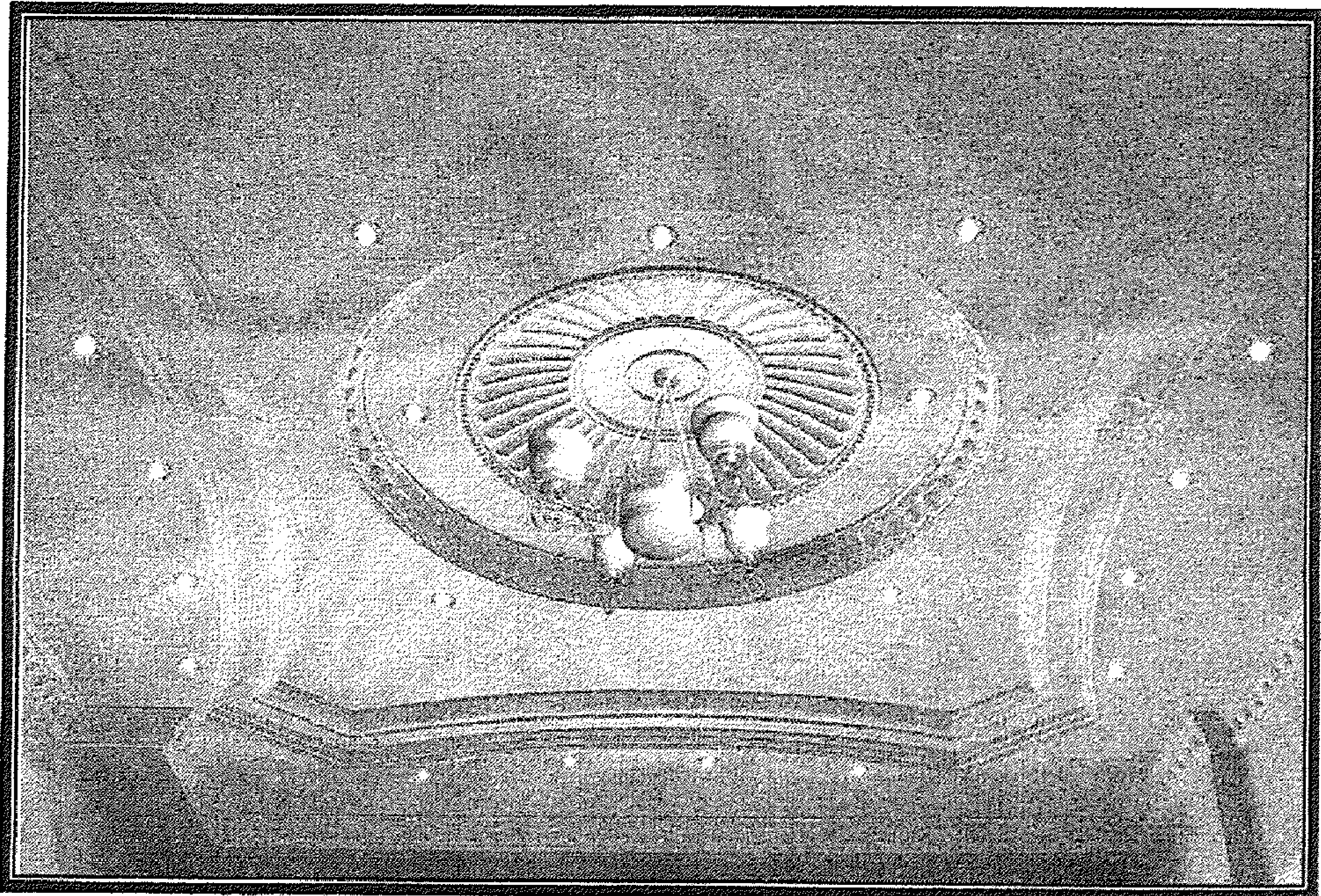
وتحصيل الجبس على نصف قوته الميكانيكية بعد 24 ساعة من استعماله. والمواد التي تضاف للجبس للتحكم في زمن شكه لتقلل من مقاومته للضغط بعد التصلب.

مخاطر الجبس بالنسبة للبناء:

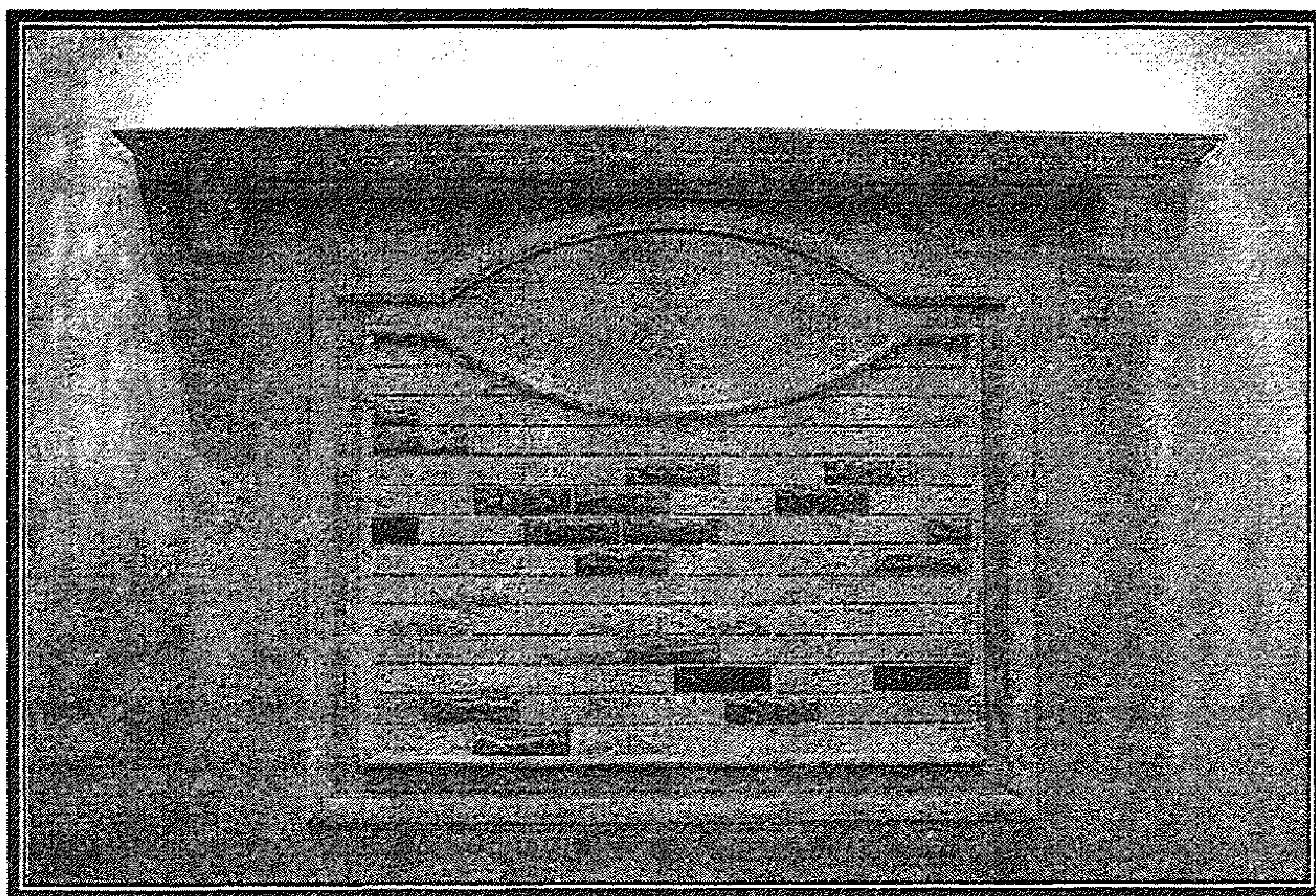
إن مخاطره كبيرة جدا حيث تتحد كبريتات الكالسيوم مع الاسمنت وبالتالي يصبح البيتون المسلح ومع مرور الزمن هش جداً مما يؤدي إلى تصدع الأبنية لذلك عندما يتواجد الجبس بترب البناء نقترح باستعمال الأسمنت المقاوم للكبريتات إذا كانت نسبة الجبس (6٪ أو أقل) أما إذا كانت نسبته (أكثر من 6٪ أو أكثر) ننصح باستبدال التربة مع استعمال اسمنت مقاوم أيضاً.



أمثلة على استخدام الجبس بالبناء 1



أمثلة على استخدام الجبس بالبناء 2



أمثلة على استخدام الجبص بالبناء 3

11

الفصل الحادي عشر

الجيـــر

الجير

استخدمت هذه المادة في الحضارات القديمة في ربط وحدات من الطوب والحجر، حيث أستخدم الرومان الجير بكثرة كمادة لاحمة في أعمال القنوات المائية والمباني، فكانوا يضيفون الرماد البركاني إليه (شبيه بمسحوق الصخر السليكوني)، وذلك لتحويل الجير غير الهيدروليكي إلى إسمنت هيدروليكي لاستخدامه كمادة لاحمة، واستبدلت هذه المادة بالإسمنت في الوقت الحاضر، ولكن الجير يستخدم لأغراض الإنهاء وكطبقة معجون للبياض الداخلي، ويستخدم الجير في أعمال الجبس وأعمال بياض الإسمنت البورتلاندي.

مصدر الجير هو الحجر الجيري الغني بكميات كبيرة من كربونات الكالسيوم (الكالست)، أو من الحجر الغني بكميات كبيرة من كربونات الماغنسيوم (الدولوميت)، وخواص الجير تعتمد على مكان ومصدر استخراج الحجر الجيري، وينتج الجير عن تكلس الحجر الجيري الغني بكربونات الماغنسيوم (الدولوميت) بفعل الحرارة خلال مراحل صناعة أكسيد الكالسيوم، وهذه تساعد في صنع معجون لدن له خاصية تشغيل أفضل من المعجون المصنع بفعل أكسيد الكالسيوم الناتجة عن الحجر الجيري الغني بكربونات الكالسيوم (الكالست)، ولكنه يستغرق وقت طويل حتى يتفاعل ويتصلد بإضافة الماء أكثر من المعجون المصنوع من أكسيد الكالسيوم.

أنواع جير البناء:

يصنف جير البناء إلى:

الجير الحي والجير الهيدروليكي (المطفي).

1. الجير الحي:

ينتج عن الجير الحي ثاني أكسيد الكربون، ويتحول من هيئة الكربونات إلى أكسيد الكالسيوم أو أكسيد الماغنسيوم، وذلك ليكون الجير الحي خلال مرحلة التكلس (التفتيت بالحرارة)، ويستخدم الجير الحي كرابط رئيسي في

أعمال بياض الجير حتى تم استخدام أعمال بياض الجبس والتي يمكن التحكم في زمن الشك بها، وقبل استخدام الجير الحي في أعمال البياض لابد من تنقيعه في الماء، ويخمر لفترة زمنية تتراوح من أسبوع إلى أسبوعين، وذلك لإكمال هيدرة الأكاسيد وصنع المعجون اللدن المستخدم في الملاط والبياض، ويعمل التنقيع على بدء التفاعلات الكيميائية، التي تحول الأكسيد إلى هيدروكسيد ذو الحالة المتزنة والمستقرة، وتؤثر نوعية المواد الخام في درجة وسرعة الهيدرة المحتملة خلال فترة التخمير، والجير الحي (الكالست) يتوقع أن يحتوي على أكبر هيدرة للأكاسيد، ويكون ملائم للاستخدام في أعمال البياض بشرط أن يكون محتوى الكالسيوم به عالي وعملية التنقيع جيدة، ولهذا السبب فإن بعض الجير يباع مسحوقاً على هيئته الطبيعية لتجاوز عملية التخمير، ويكون غالبيته مهيدر جزئياً في الطاحونة.

2. الجير الهيدروليكي (المطفي):

يستخدم في صيانة وترميم المباني التاريخية، ويتصف ببعض خواص الإسمنت البورتلاندي، ويتصف بخاصية التشغيل والالتصاق الجيدة والمرونة وندرة التشققات، وهو عكس الإسمنت لا يظهر به عيوب في اللون والمظهر، ويستخدم في أعمال البياض الداخلي وربط وحدات الطوب الزجاجي، والجير الهيدروليكي مصنوع من حرق الطباشير أو الحجر الجيري المحتوي على الطفل، ومن خواص الجير المطفي أنه مقاوم للمياه المالحة أكثر من الإسمنت، ويستعمل في الخرسانة العادية والأساسات، وعند إضافة الماء للجير المهيدر ينتج عنه معجون الجير بشكله اللدن لعمل طبقة البياض النهائية، وإذا لم يتم هيدرتها كلياً أثناء التخمير أو أثناء صناعة الجير الهيدروليكي يمكن أن تظهر الأكاسيد في البياض، وتعمل الرطوبة العالية على استمرار عملية هيدرة الأكاسيد وتسبب تمددها والشقوق الموجودة في البياض تكبح هذا التمدد وتحتويه، وجير الدولوميت يتم تسخينه في الطاحونة للتأكد من أن الجير الهيدروليكي المصنع يحتوي على أقل كمية من الأكاسيد غير المهيدرة، ويتضمن الجير الهيدروليكي المتداول استخدامه اليوم جير البناء الهيدروليكي الخاص بلصق البلاط وربط وحدات طوب البناء [جير Type N]،

وكذلك جير أعمال البياض الهيدروليكي المستخدم في أعمال البياض [جير Type S] وفيما يلي توضيح لهذين النوعين من الجير:

أ. الجير الهيدروليكي العادي (Type N):

إذا تم استخدام الحجر الجير (الكالست) في صناعة الجير الهيدروليكي فإن المنتج النهائي يعرف بـ (الكالست أو جير هيدروليكي نهائي غني بالكثير من الكالسيوم) يتكون من 95٪ على الأقل من أكسيد الكالسيوم والذي يتهيدر بسرعة خلال الصناعة، وبعض الأكاسيد تبقى غير مهيدرة لكن يتوقع أن تتهيدر فعلياً خلال فترة تخمير ما قبل الاستخدام المطلوبة للنوع N والتي هي من 12 إلى 16 ساعة، ويمكن استخدام هذا النوع في أعمال البياض إذا عين على الكالست أو أن يكون الجير غني بكمية عالية من الكالسيوم وعملية التخمير مطابقة لمواصفات المصنع، وكمية الأكاسيد غير المهيدرة في هذا النوع غير محددة.

ب. الجير الهيدروليكي الخاص (Type S):

هذا النوع من الجير سهل في الاستخدام، وبه الأكاسيد غير مهيدرة محدودة خلال الصناعة، لذا فإنه يطلب استخدامه دائماً كما يوصى باستخدامه على التخصيص في خلطات البياض، ولا يحتاج الجير الهيدروليكي الخاص إلى التخمير المبدئي ويمكن خلطه مع أجزاء مقومة أخرى بل إضافة الماء إليه، ويجب أن لا يحتوي أكثر من 8٪ من الأكاسيد غير المهيدرة مع إغفال أو إهمال المواد الخامة المستخدمة.

صناعة الجير:

يتكون الجير بتكلس كربونات الكالسيوم الطبيعية، ثم يتم قلع المعدن من المحاجر وتكسيره ثم تنخيله في مدى المقاس المطلوب، ثم يحرق الحجر الجيري بدرجة حرارة 950 درجة مئوية أفقي دوار، أو فرن على شكل برج رأسي حيث يتم طرد ثاني أكسيد الكربون واستخلاص الجير الحي، وعملية إطفاء الجير الحي، وذلك بإضافة الماء إلى الجير الحي حيث يصحب عملية التفاعل إطلاق حرارة عالية وزيادة

في الحجم وينتج عنه المنتج النهائي، هو الجير المطفي الهيدروليكي (هيدروكسيد الكالسيوم)، ويستخدم المنتج النهائي (الجير المطفي الهيدروليكي) بإضافته إلى الملاط حيث يزيد من عملية التشغيل وخاصية الاحتفاظ بالماء خاصة عند استخدام الملاط مع وحدات طوب درجة امتصاصها عالي، كما يزيد من خاصية الالتصاق للملاط ويجعله ينتشر بسهولة، ومعجون الجير ينتج عن طريق تنقيع وتخمير الجير الحي في كمية كبيرة من الماء لفترة عدة أسابيع حتى يصبح ملمسه كريمي، والجير المطفي الهيدروليكي يمتص الرطوبة وثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط لذلك لابد من تخزينه بمكان بارد.

وأخيراً يكون الجير ناتج عن إطفاء الجير الحي الحديث ولا يستعمل إلا بعد مرور أسبوعين على إطفائه، ويجب تطفئته قبل الاستعمال بمنخل للتخلص من الصلفان والمواد الصلبة.

أهم استخدامات الجير:

الجير مادة كيميائية مهمة في الصناعة. اسمه الكيميائي أكسيد الكالسيوم، وصيغته الكيميائية CaO وتستعمل كلمة الجير أيضا للإشارة إلى هيدروكسيد الكالسيوم وصيغته الكيميائية $Ca(OH)_2$، ويتكون بتفاعل أكسيد الكالسيوم أيضًا مع الماء. ويعرف هيدوكسيد الكالسيوم أيضًا بالجير المطفأ، أو الجير المهدرج بينما يعرف أكسيد الكالسيوم بالجير الحي. وكلتا المادتين من القواعد.

وهناك استعمالات متنوعة تنوعًا كبيرًا للجير المطفأ، فهو يستعمل مادة مساعدة للصهر في إنتاج الحديد.. ويستعمل أيضًا في تنقية الألومنيوم والنحاس والزنك، وازالة عسر الماء بإزالة معادن معينة منها، كما يؤدي دورًا مهمًا في معالجة مياه البالوعات. ونجد كثيرًا من المزارعين ينثرون الجير في حقولهم لمعادلة حموض التربة. كما يستعمله أصحاب المنازل في حدائقهم لمنع نمو الطحالب. ويساعد الجير على تماسك التربة في أساسات الطرق ومدارج الطائرات. وفي صناعة الجلود، يستعمل في المدابغ لإزالة الشعر من جلود الحيوانات. ويتكون الملاط الذي يوضع بين

القراميد أو الحجارة في حوائط المباني من خليط الجير والرمل والماء، كما أنه من أهـم مكونـات الجـبس، ومـن أهـم مكونـات نـوع مـن الإسمنـت يسـمى الإسمنـت البورتلندي. كما يستخدم الجير في صناعة صناعة الحديد والزجاج والورق وإنتاج السكر، وفي معاملة المجاري ونفايات العمليات الصناعية، وفي تحضير بعض أنواع الصبغات والمبيّضات. ذلك بالإضافة إلى الصناعات التي تقوم باستخراج المعادن، وكمعدّل لحمضية التربة، وكعامل مساعد للأسمدة داخل التربة.

ويستعمل الجير أيضاً في إنتاج الطوب الرملي الجيري حيث أنه يشكل العنصر الرئيسي في هذه الصناعة ويساعد على قولبة الطوب وإعطاءه السطح الناعم.

ويستعمل الجير في أعمال الدهان حيث يدخل في عناصر تركيب الدهان. وباستخدام الشبه.

ويستعمل الجير أيضاً في أعمال الزراعة فتدهن سيقان الأشجار بمادة الجير المذاب في الماء مع نسبة من الملح مع نسبة من الشبه وهذا المحلول يقتل الكائنات الحية الدقيقة على جذوع الشجر بواسطة الحرارة المتصاعدة والمواد الكيميائية في الملح والشبة.

كما تستخلص قاعدة المورفين (وهو نوع من أنواع المخدرات) من الأفيون باستعمال بعض المواد التي تحتوي على الجير الحي مع الماء والتسخين وكلوريد الأمونيا ثم جهاز الترشيح، كما يمكن استخلاصه مباشرة من ساق نبات الخشخاش ومن كبسولة الخشخاش التي لم يؤخذ منها الأفيون بعد تجفيفها، ويتراوح لون قاعدة المورفين بين الأسمر والبني الغامق.

أما استخدام ماء الكلس لدهن الحوائط فإلى جانب كونه طريقة رخيصة لذلك فإن له أيضا مفعول مضاد للجراثيم. كل ذلك بالإضافة إلى تاريخه الطويل في صناعة الإسمنت التي دخلت إلى بريطانيا في القرن الأول الميلادي عن طريق الروم.

ومن أهم استخدامات مادة الجير الحي سواء في التاريخ القديم أو الحديث تعجيل تحلل الجثث المدفونة للحيوانات المصابة بالجمرة الخبيثة، ويعتبر هذا الاستخدام إلى الآن من ضمن الإجراءات الروتينية التي تنصح بها وزارات الصحة والزراعة للتخلص من جثث تلك الحيوانات، وبالتالي السيطرة على انتشار المرض، وذلك من خلال دفن الحيوانات على عمق 10 أقدام داخل الأرض بعد تبطين الحفرة بالجير الحي، ثم سكبه أيضا فوق جثث الحيوانات فتتحلل بسرعة.

يصنع معظم الجير الحي من قطع صغيرة من الحجر الجيري الذي يتكون أساسًا من كربونات الكالسيوم وصيغتها الكيميائية $CaCO_3$ ولاستخراج المسحوق في فرن خاص يسمى الأتون، يُسخَّن حتى تبلغ درجة حرارته 1204°م. وفي هذه الطريقة ينطلق ثاني أكسيد الكربون من الحجر الجيري مخلفًا وراءه كتلة هشة من الجير الحي ذات لون أبيض ضارب للرمادي.

وينطوي إنتاج الجير المطفأ على عملية إضافية تسمى الإطفاء، حيث يضاف الماء إلى كتلة باردة من الجير الحي، فيحدث تفاعل كيميائي ينتج عنه حرارة وبخار ماء. ويتلاشى البخار مخلفًا وراءه مسحوقًا أبيض ناعمًا، هو الجير المطفأ. وإذا كانت كمية الماء المضافة أكثر مما يحتاجه الجير المطفأ، يتكون سائل كثيف من الجير المذاب جزئيًا يعرف بلبن الجير. وعندما تتم إذابة الجير المطفأ في الماء كليًا ينتج عنه سائل صاف يسمى ماء الجير يستعمل لاختبار وجود ثاني أكسيد الكربون في أي مادة، لأن وجوده يعكر ماء الجير.

كيمياء الجير:

سبق وأن أشرنا إلى أن مادة الجير الحي quicklime ما هي إلا أكسيد الكالسيوم الذي ينتج عن احتراق حجر الجير (تمثل كربونات الكالسيوم المادة الأساسية به) في عملية كيميائية تسمى بالتكلّس.

ومادة الجير الحي عبارة عن بودرة بيضاء كاوية وقلوية تتفاعل بشدة مع الماء لتكوّن هيدروكسيد الكالسيوم (المعروف أيضا باسم ماء الكلس lime water or hydrated lime-) في عملية كيميائية تسمّى بانطفاء الكلس التي يمتص

خلالها الجير الحي الماء ليصدر طاقة تصل درجة حرارتها إلى 300 درجة مئوية. تخليط ماء الكلس الناتج عن تلك العملية بالرمال ينتج عنه "مادة الهاون" التي تدخل في عمليات البناء.

التكلس:

كربونات الكالسوم + حرارة ←—— أكسيد الكالسيوم (جير حي) + ثاني أكسيد الكربون

انطفاء الكلس:

أكسيد الكالسيوم + ماء ←—— هيدروكسيد الكالسيوم (ماء الكالسيوم) + حرارة

التكرين:

هيدروكسيد الكالسيوم + ثاني أكسيد الكربون ←——كربونات الكالسيوم + هيدروجين

تجارب الجير والرماد:

يحرق الحجر الجيري المتوفر في في أفران بسيطة بطرية بدائية مرهقة إذ تستغرق هذه العملية أكثر من يومين مابين رص الحجر في الفرن وحرقة حيث يزال منه الرطوبة وثاني أكسيد الكربون ويسمى الناتج المتبقي بالجير الحي وتركيبة الكيمائي أكسيد الكالسيوم كما توضح المعادلة التالية:

الحجر الجيري ←—— الجير الحي + ثاني أكسيد الكربون

(كربونات الكالسيوم) ←—— (أكسيد الكالسيوم)

إن لهذا الجير الحي متعطش جامع للرطوبة ولهذا يطفئ بالماء بعد حرقة مده أقصاها يوم ويسمى الناتج بالجير المطفي ويكون في شكل مسحوق ابيض وتركيبه الكيمائي هيدروكسيد الكالسيوم. وتوضح المعادلة التالية هذه الخطوات:

الجير الحي + مـاء = الجير المطفي

أكسيد الكالسيوم ------ هيدروكسيد الكالسيوم

تنبعث كميات كبيرة من الحرارة أثناء هذا التفاعل قد تصل إلى 15.6 كيلوكالوري كما أن كمية الماء المطلوبة لإطفاء الجير الحي قد تبلغ 32٪ من وزنه وإضافة الماء إلى الجير الحي بالكمية المطلوبة يحدث ذلك التفاعل الكيمائي والذي بسببه يتشرخ الجير الحي وينتفخ ويتناثر في شكل مسحوق ابيض.

خواص الجير:

❖ خواص الجير الفيزيائية:

- أن لا يتآكل ولا يتطاير منه غبار يؤدي إلى منع مرور الغازات المتصاعدة أثناء الحرق.
- التجانس في أنواع وكميات الشوائب غير الجيرية في المواد الأولية.
- التجانس في حجم الحبيبات داخل الغرف.
- التجانس في المواد الأولية من حيث المسامية لكي يتم حرق جميع الكتل بالتساوي.

❖ خواص الجير أثناء الإستخدام:

- يشترط في الجير المستعمل في أعمال المباني أن يكون مناسباً إلى القدرة على حمل الرمل وكمية المونة التي يعطيها والقوة.
- الجير المستخدم في الطلاء يلزم أن يكون مناسباً مقبولاً بالنسبة إلى معدل التفاعل مع الماء واللون وزمن الشك والانكماش.

فوائد الجير:

1. يعطي المونة ليونة أثناء الاستخدام (قابلية تشغيل جيدة).
2. يقلل من امتصاص الطوب للماء الموجود في مونة الإسمنت والرمل.
3. يساعد في عدم حدوث تشققات من جراء امتصاص الماء.
4. عدم وجود فراغات في الخليط المستخدم في مونة البناء.
5. يساعد الجير على استخدام المونة لكافة الجدران الداخلية والخارجية.
6. ويستعمل الجير في القصارة (مع القصارة السوداء أو البيضاء).

فوائد الجير في عمليات القصارة:

1. يساعد في عملية مدّ القصارة على الجدران بالمسطرين.
2. يساعد في عدم تشقق القصارة ووصولها إلى مرحلة الصلادة بالتدريج.
3. تعطي نعومة أفضل لسطح الجدار المقصور.
4. يخفف من كلفة الدهان حيث اللون الأبيض يعكس الضوء.

12

الفصل الثاني عشر

البــلاط

البلاط

تعتبر تغطية من أعمال البناء الهامة وهناك مواد عديدة تعالج بها الأرضيات مثل البلاط والرخام والبلاط الصناعي بمختلف أنواعه وسوف نتعرف على مجمل هذه المعالجات من خلال هذا الكتاب أما أهم هذه المعالجات فهو البلاط.

البلاط هو المادة التي تعمل لتغطية الأرضيات والتي لها مقاومة التآكل والدوام وإعطاء سطح مستوٍ صالحاً للاستعمال ومطابقاً للمواصفات والمقاييس ويقسم البلاط إلى قسمين رئيسيين ومكوناتها الرئيسية هي:

1) البلاط الطبيعي: سواء كان رخام أو جرانيت.
2) البلاط الصناعي: يقسم إلى ثلاثة أنواع هي:-

أولا: البلاط الإسمنتي:

ينقسم البلاط الإسمنتي بحسب نوع الحصمة المستخدمة في صناعته إلى قسمين:

- بلاط مزايكو: من عيوب الحصمة المستخدمة فيها أنها لينة نوعاً ما.
- بلاط كسر رخام: وهو الأكثر انتشاراً ويتواجد بعدة أبعاد (20×20×2سم)، (30×30×3سم)، (25×25×2.5)، أما بالنسبة للاستخدام فإن الأخير هو الأكثر شيوعاً، بينما لا يحبذ استخدام بلاط (30×30×3سم) في الطوابق العلوية لثقل وزنه.

ويتكون هذا النوع من البلاط من طبقتين:

أ. العلوية (طبقة الوجه): تتكون من كسر الحصمة والإسمنت الأبيض والكوارتز، وتكون بسمك 8 مم تقريباً والغرض منها إظهار البلاط بمظهر نهائي مقبول، ومقاومة عوامل البري والتآكل.

ب. السفلية (طبقة البطن): تتكون من الإسمنت وكسر الحصمة الناعمة، ووظيفتها الأساسية إعطاء البلاط قوته المطلوبة.

غعملية التصنيع:

1. يتم تجهيز الخلطة المكونة للبلاط.
2. تصب الخلطة في قوالب، مع البدء بطبقة الوجه.
3. تفرد الخلطة في قوالب.
4. تصب طبقة البطن وتفرد.
5. يتم ضغط المكونات المصبوبة بما يعادل 250 بار تقريباً.
6. ثم تخرج البلاطات من قوالب وتترك لتجف، ويجب معالجتها ورشها بالمياه لمدة 72 ساعة.
7. تبدأ عملية تنعيم البلاطة، وتتم بواسطة خمسة أنواع من أحجار البردخة، يبدأ التنعيم بأخشنها ثم بالأنعم فالأنعم، وتستمر البردخة حتى الوصول إلى الشكل الأكثر نعومة لسطح البلاطة.
8. يتم حف جوانب البلاطة بزاوية 45 درجة، وبعمق 1مم وذلك للمساعدة على استقامة المسافات بين البلاطات.
9. تترك البلاطة 21 يوم على الأقل قبل استخدامها، وذلك حتى يصل البلاط إلى القوة المطلوبة.

مميزات البلاط الإسمنتي:

- قوي، ويعتبر أقوى من السيراميك.
- مقاوم للاحتكاك وعوامل البري، خصوصاً إذا تم تصنيعه بطريقة سليمة، ويعتبر أفضل من السيراميك في هذه الخاصية أيضاً.
- يمكن أن يتم تركيبه بمناظر جمالية متعددة.
- أقيسة متوفرة في السوق المحلي.
- يصنع محلياً بكثرة.
- رخيص الثمن نسبياً.
- سهل التبليط (لا يحتاج إلى عمالة فنية عالية).

عيـوب الـبلاط الإسمـنتي: عـدم مقاومتـه للأحمـاض والأمـلاح، لـذلك لا يصلح في بلاطات المطابخ، أو المختبرات العلمية.

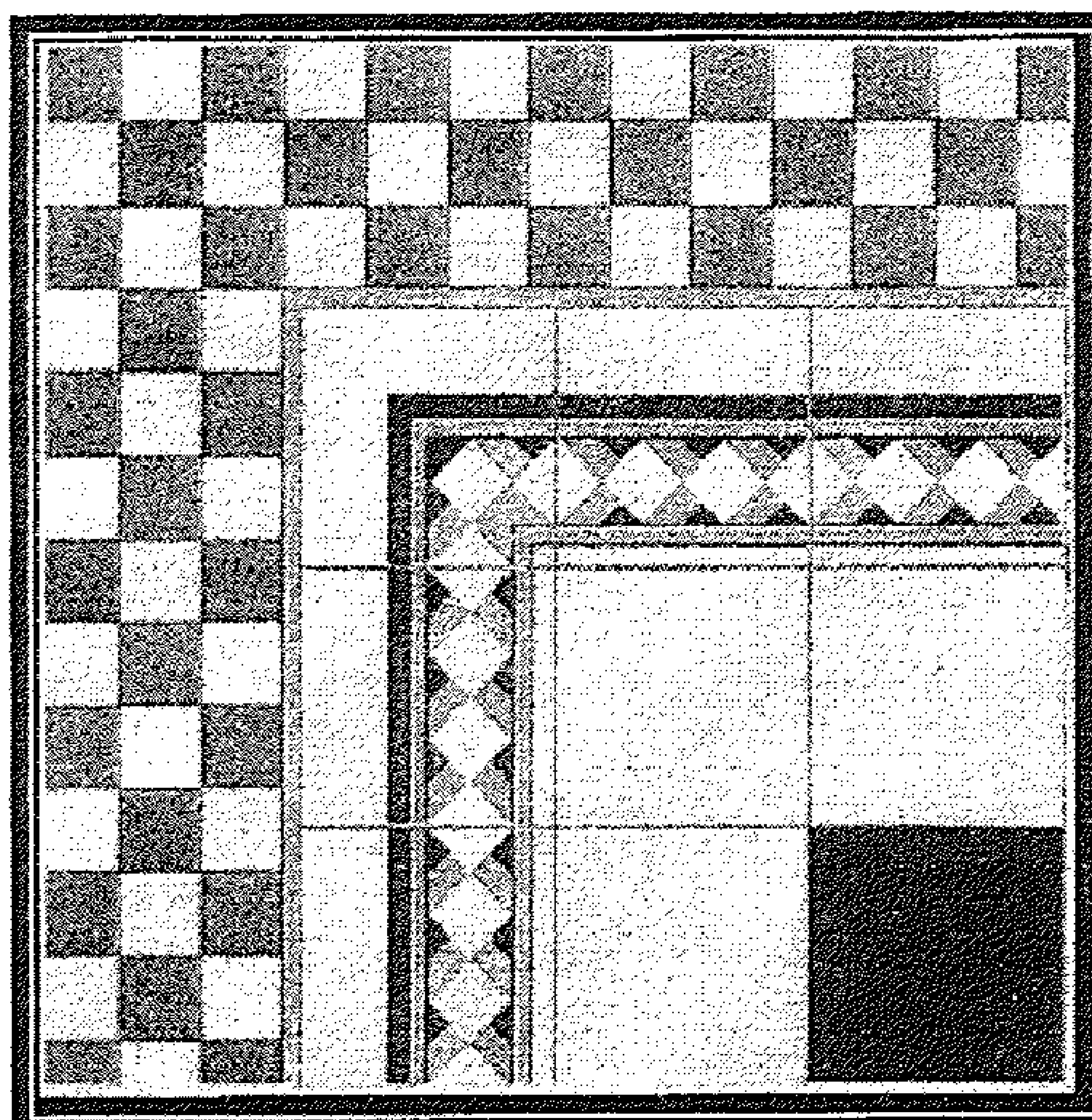
أنواع البلاط الإسمنتي:

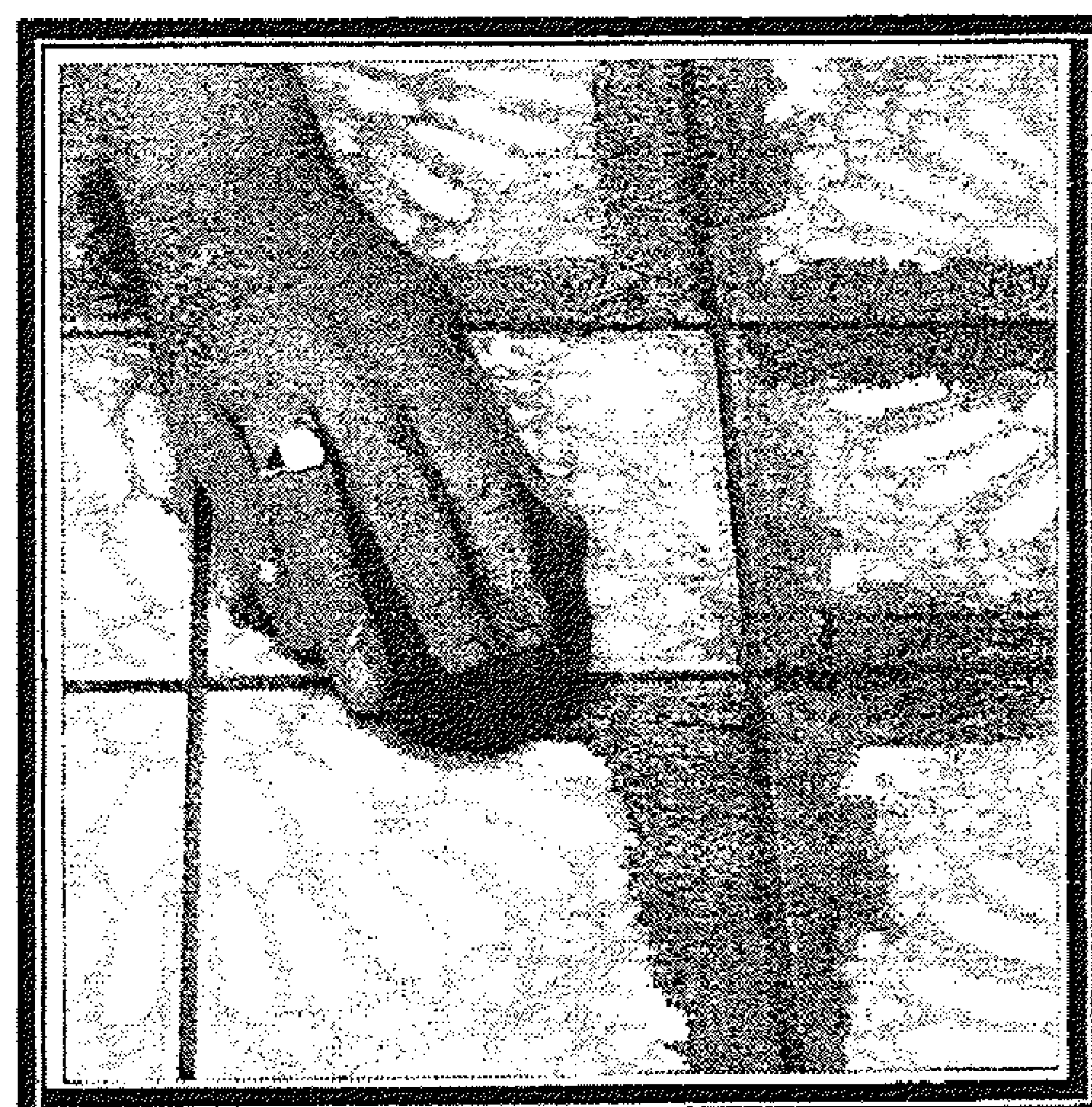
1. بلاط إسمنتي سنجابي: مقاس هذا البلاط 20×20×1.5 سم، وسمك الوجه لا يقل عن 5 ملم مكون من جزئين: الرمل، واسمنت سنجابي، والمونة عبارة عن خلطة من الإسمنت والرمل بنسبة 3: 1 وعند تركيب البلاط يجب ترك مسافة نصف سنتمتر حيث يجب أن تملأ هذه الفراغات بالجير المطفئ أو الإسمنت الأبيض.
2. بلاط إسمنتي مقوى: ويتوافر هذا البلاط بمقاس 20 × 30 × 3 سم وسماكة وجه لا تقل عن 9 ملم وذلك بنسبة خلط 2: 1 (جزئين من الإسمنت السنجابي وجزء من قطع الرخام الصغير) ويضاف له مواد تقوية مثل برادة الحديد والسلفرسيد. أما ظهره فمكون من الرمل والإسمنت بنسبة خلط 3: 1.
3. بلاط الموزايكو: ويتكون من طبقتين وهما طبقة الوجه الظاهرة والتي تتكون من الأسمنت الأبيض وحبيبات تكسير الرخام ورمل الكوارتز الصلب، بنسبة خلط لطبقة الوجه (3:1)، وتتكون الطبقة الثانية الظهر من الأسمنت العادي البورتلاندي مع الرمل بنسبة خلط (4:1)، تكون سماكة البلاط (2 – 2، 2 – 3سم) حسب قياس البلاطة. وسماكة طبقة الوجه (6 – 7 – 8 ملم) حسب قياس البلاط.

ثم يتم خلط مواد طبقة الوجه (الأسمنت الأبيض والرمل وتكسير الرخام) وصبها في قوالب صحيحة الحواف نظيفة الزوايا متساوية القياس، ثم تخلط مواد طبقة الظهر (الأسمنت البورتلاندي العادي والرمل) وصبها في القالب فوق طبقة الوجه وتضغط المونة في القالب لتأخذ شكله وتتماسك مع بعضها البعض، ثم يحفظ البلاط في مكان رطب وبه تهوية مناسبة لمدة 48 ساعة ليتم جفافه، ويغمر بالماء بعد ذلك لمدة ثلاثة أيام ويستخرج لمكان به تهوية لجفافه مرة ثانية، وبعد ذلك تتم مراحل الجلي عليه، وهي الخطوة الأولى لتسوية السطح بواسطة حجر

الكاربوندوم نمرة 3 ومعجنته من الثقوب إن وجدت، والمرحلة الثانية جلي البلاط لتنعيمه بالحجر الناعم نمرة 4 وترويبه، والوجه الثالث لتلميعه بواسطة قرص الرصاص.

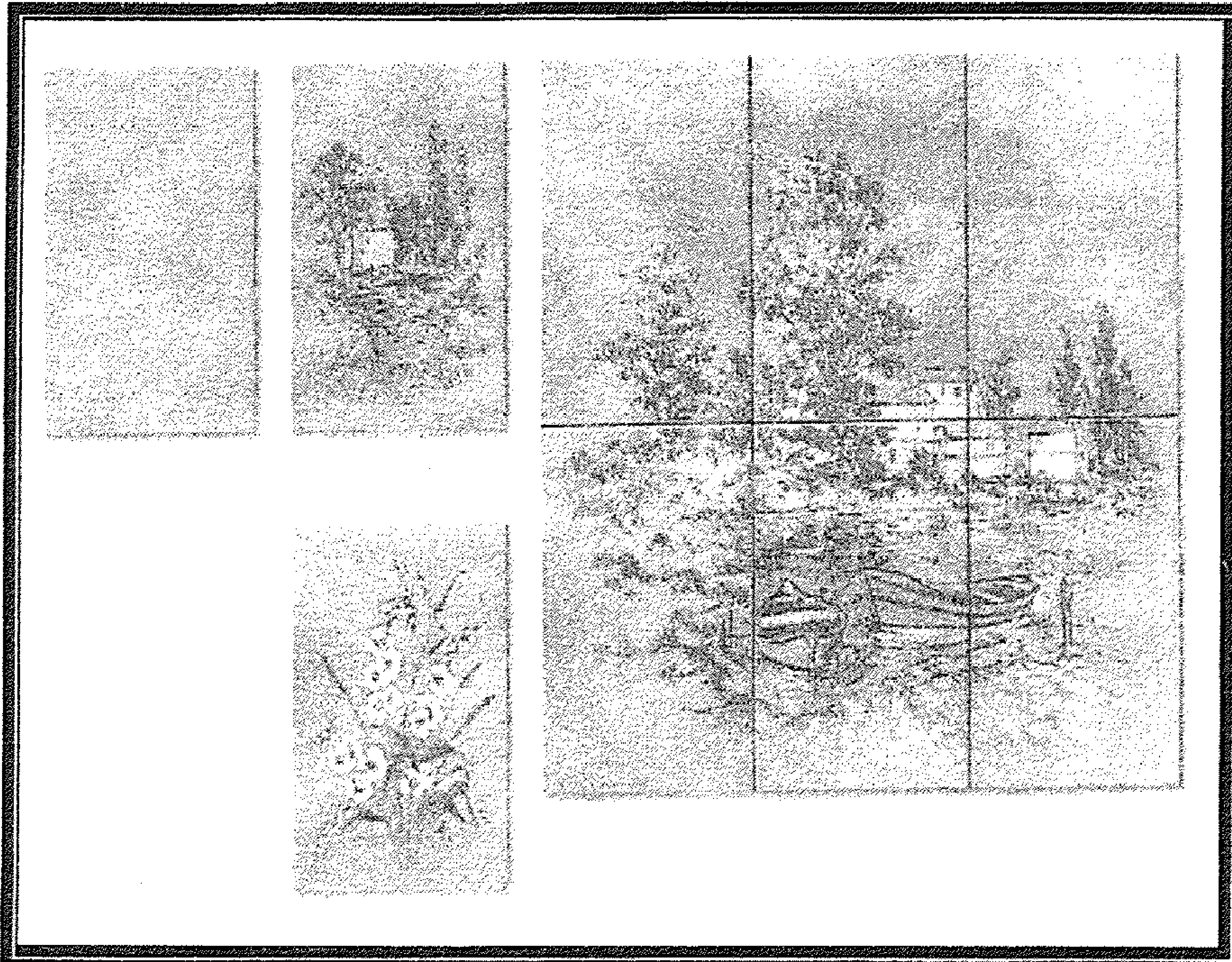
4. بلاط السيراميك: يتكون بلاط السيراميك من خامة السيراميك الطينية النقية والتي يتم استخراجها وتنقيتها وعجنها لتصب في قوالب ذات مواصفات محددة في القياس والسمك ونظيفة الزوايا، تضغط عجينة الطين في القالب لتأخذ شكله، ثم تخرج لتجفف بالهواء العادي ليتم حرقها على درجات حرارة عالية ليكتسب البلاط صلابته.





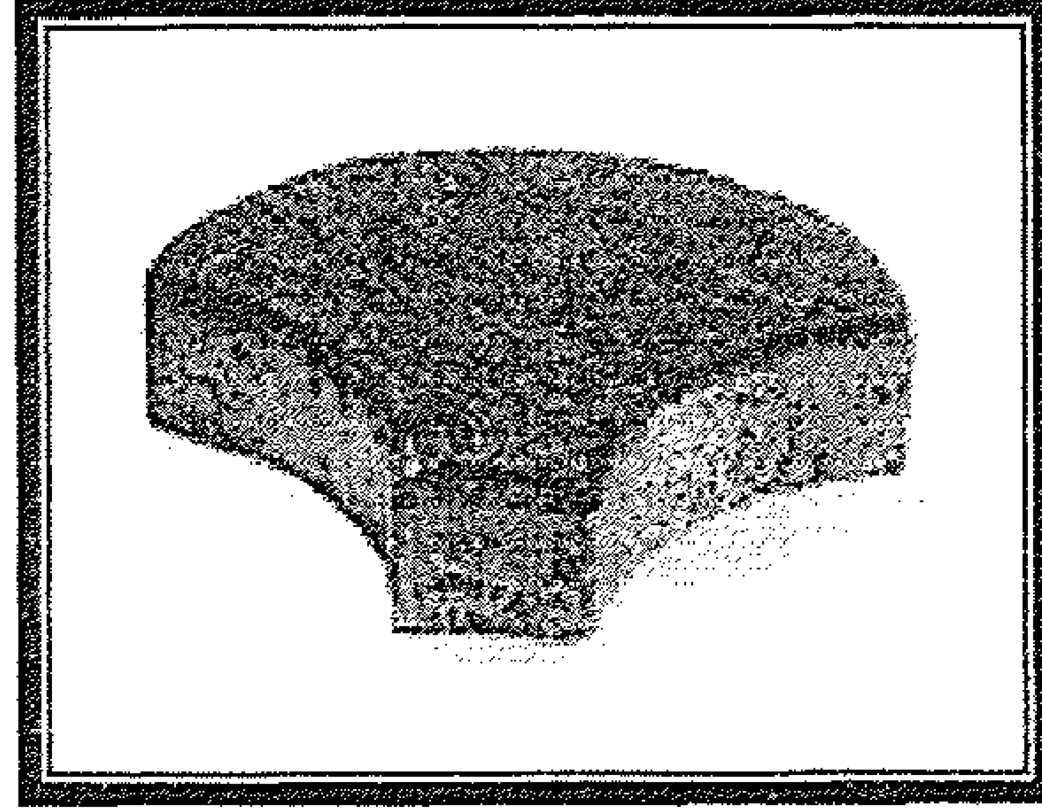
وبعد ذلك يتم رسم وطباعة الزخارف المطلوبة على وجه البلاطة وإضافة مادة مسحوق الزجاج (الجليز) وإدخالها للفرن مرة ثانية ليتم حرقها وانصهار المسحوق الزجاجي ليغطي وجه وجوانب البلاطة.

وبذلك تكتسب البلاطة الصلابة والشكل الجميل اللامع ومادة مانعة لامتصاص الماء وحماية الزخارف والرسومات التي طبعت عليها، وتسمى البلاط المزجج.

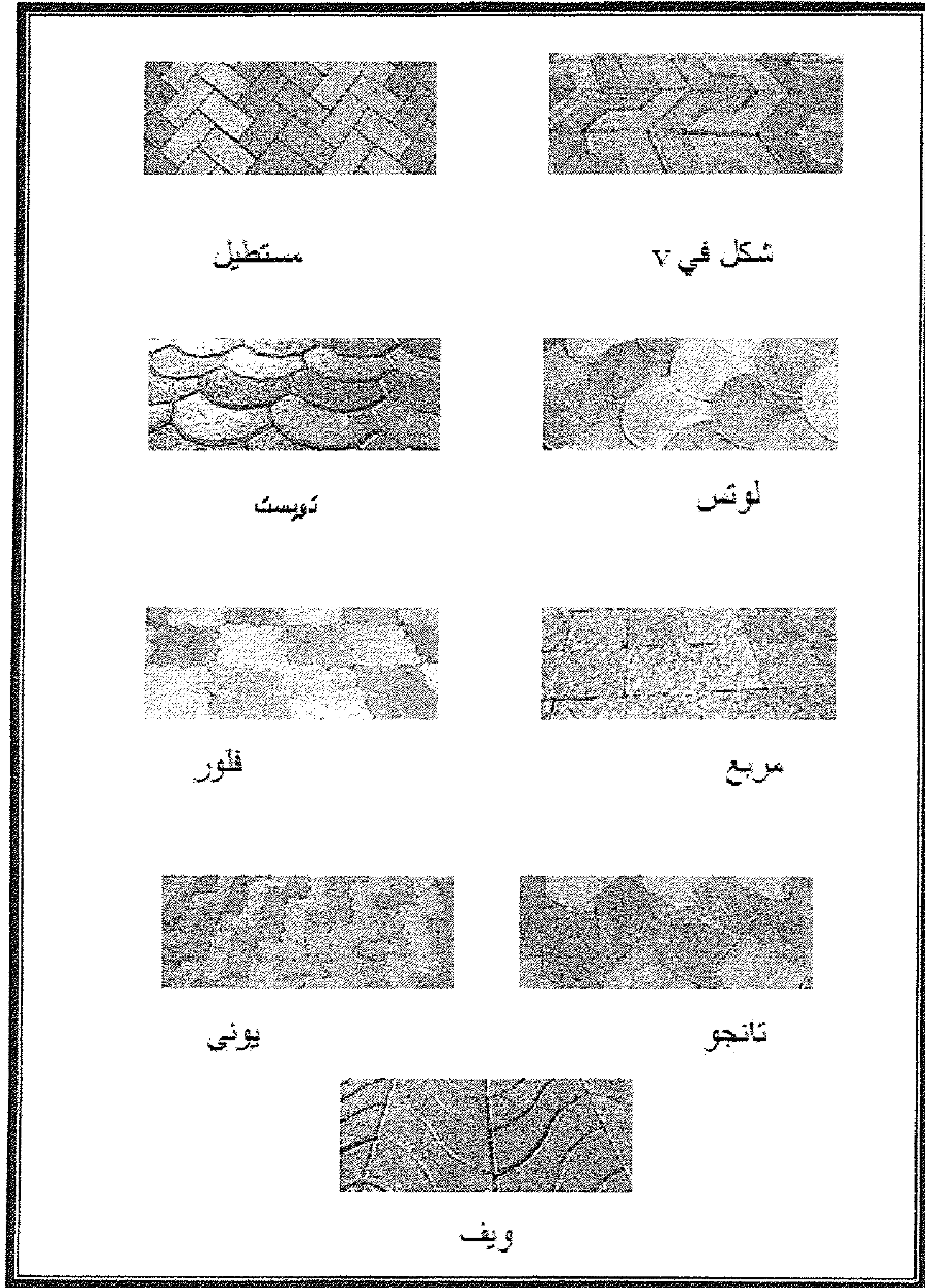


5. لبلاط الإسمنتي الملون/بلاط الأرصفة: يوجد هذا النوع بعدة أشكال وألوان تتناسب مع طبيعة الاستخدام وهو مشابه لبلاط الموزايكو إلا أن طبقة الوجه به تتكون من الإسمنت الأبيض والرمل بإضافة الأصباغ الخاصة لتعطي اللون المطلوب، حيث يكون القالب الذي يتم الصب فيه مزخرف بأشكال ترابيع أو دوائر غائرة للداخل لتصبح ذات شكل بارز عند صب القالب، ويختلف هذا النوع عن الموزايكو بأنه لا حاجة لجلي الوجه النهائي للبلاط، وهناك نوع آخر يستخدم لتبليط الأرصفة العامة حيث يصنع من الأسمنت العادي والرمل فقط، ويسلح في وسطه بشبكة حديد خفيفة لتحمل الضغوط، وتكون قياساته وسماكته كبيرة.

6. بلاط الأرضيات المتداخل: البلاط المتداخل وهو متوفر بعدة أشكال وأحجام وألوان بحيث يلبي احتياجات السوق ويوفر عدة خيارات تتماشى مع حجم وطبيعة المشروع.



كورونا	إسكو	اوكتافو
لوتس	مربع	يوني
مستطيل	شكل في V	تويست
فلور	تانجو	ويف



الرخام:

الرخام هو صخر كلسي متحول، يتكون من الكالسيت النقي جداً (شكل بلوري لكربونات الكالسيوم 3CaCO). يستعمل في النحت، وكذلك يستعمل كمادة بنائية، وأيضاً في العديد من الأغراض الأخرى مثل إكساء الأرضيات والجدران وجدران الحمامات. وقد تكون تحت ظروف نادرة من الضغط والحرارة الهائلتين في جوف الأرض. تشتهر عدة دول في إنتاجه منها، تركيا، اسبانيا، البرازيل

وايطاليا التي تعد في المرتبة الأولى ومما يميزه أيضا تفاعله مع الاحماض وهو ينشأ في البيئات البحرية.

وينقسم الرخام إلى قسمين:

1. الرخام الطبيعي:

الرخام الطبيعي هو صخر كلسي متحول، يتكون من الكالسيت النقي جداً (شكل بلوري لكربونات الكالسيوم $CaCO_3$). يستعمل في النحت، وكذلك يستعمل كمادة بنائية، وأيضاً في العديد من الأغراض الأخرى. وقد تكون تحت ظروف نادرة من الضغط والحرارة الهائلتين في جوف الأرض. يتم قطع الحجر الطبيعي إلى صفائح خشنة باستخدام المنشار المستخدم لقطع الماس. ثم يتم قطع حجر الرخام الطبيعي إلى صفائح خشنة باستخدام منشار قطع الماس. تستخدم أداة قطع للصنفرة لقطع حجر الجرانيت الطبيعي إلى صفائح خشنة. عندئذٍ تقوم آلات التلميع بصقل الصفائح الخشنة وتحويلها إلى صفائح ملساء (بنسبة 80 درجة).

بعد ذلك قوم آلات القطع التي تعمل بالأشعة تحت الحمراء بقطع الصفائح الملساء حسب متطلبات العميل. المعالجة الإنتاجية للصفائح، تتم معالجة الصفائح طبقًا للمتطلبات المختلفة. بعد المعالجة الخشنة، تستخدم آلة الصقل التي تعمل بالماء وقماش الصنفرة (من 50 قطعة إلى 3000 قطعة) لصقل جانب الصفيحة وسطحها، الأمر الذي يؤدي إلى تحويل الصفيحة الخشنة إلى صفيحة ملساء.

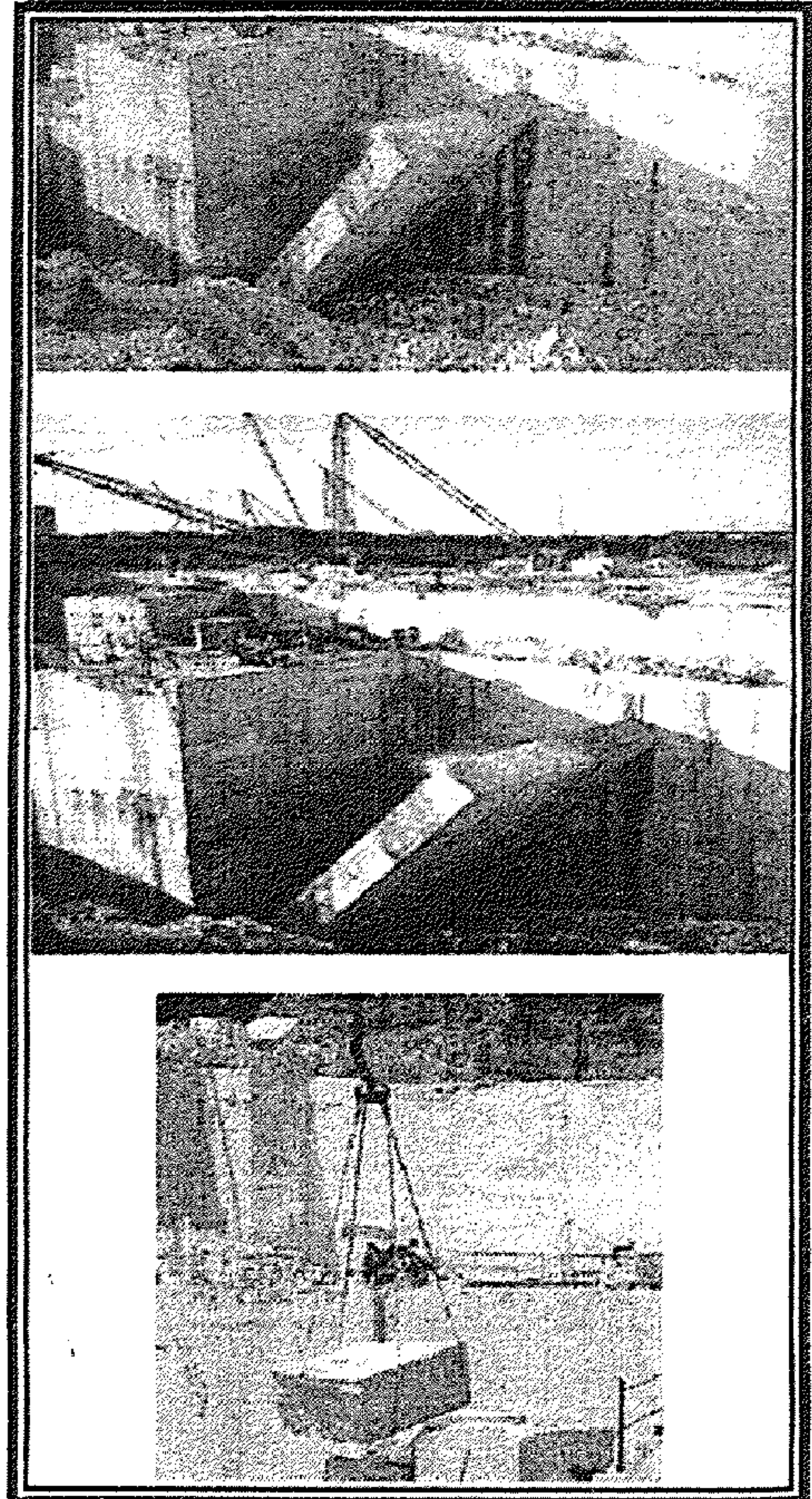
طريقة استخراج الرخام من الارض:

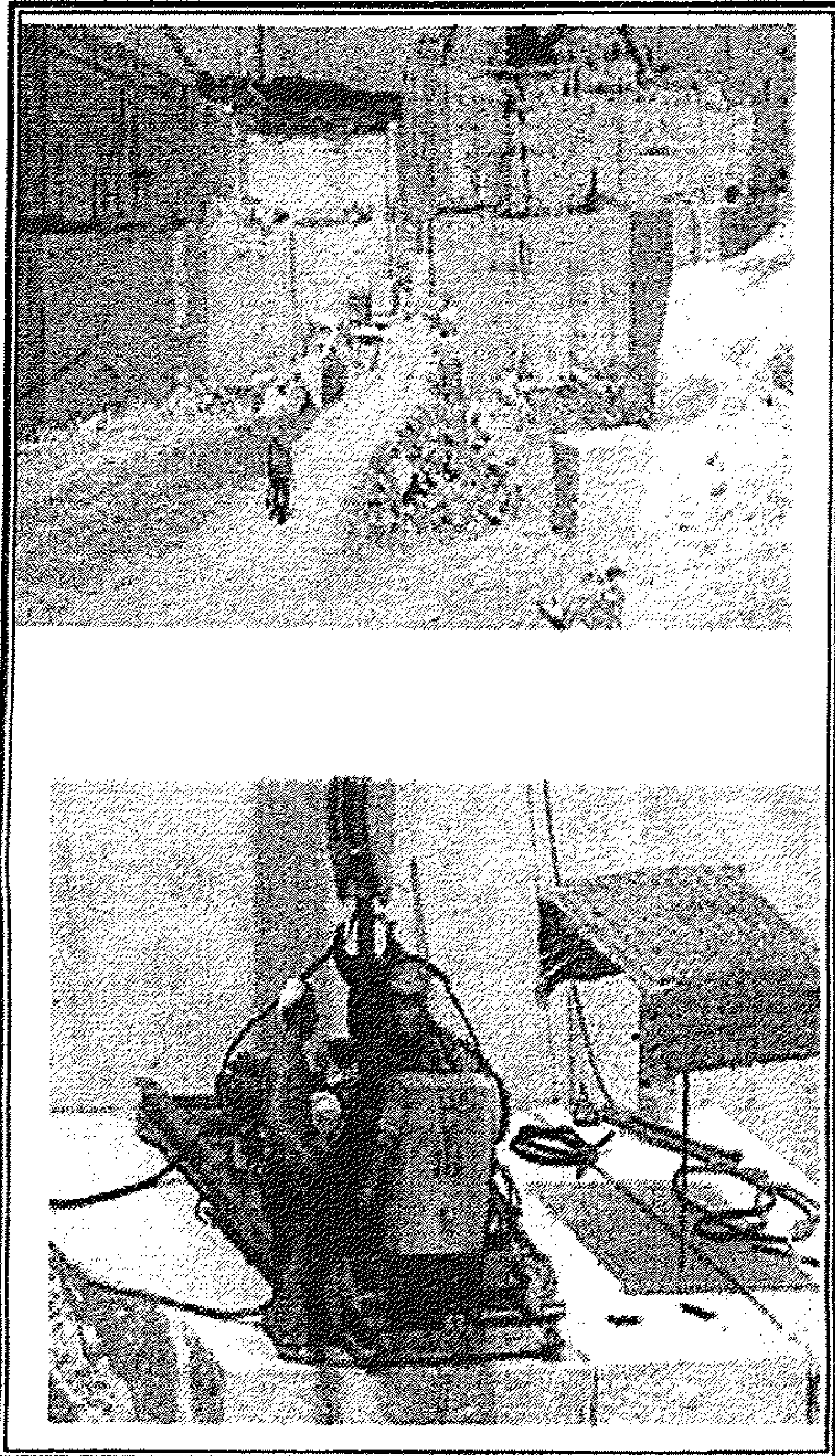
الرخام هو طبيعي المنشأ بشكل كامل اللون والصلابة والصفات، تكونت ونشأت خلال ألاف السنيين.

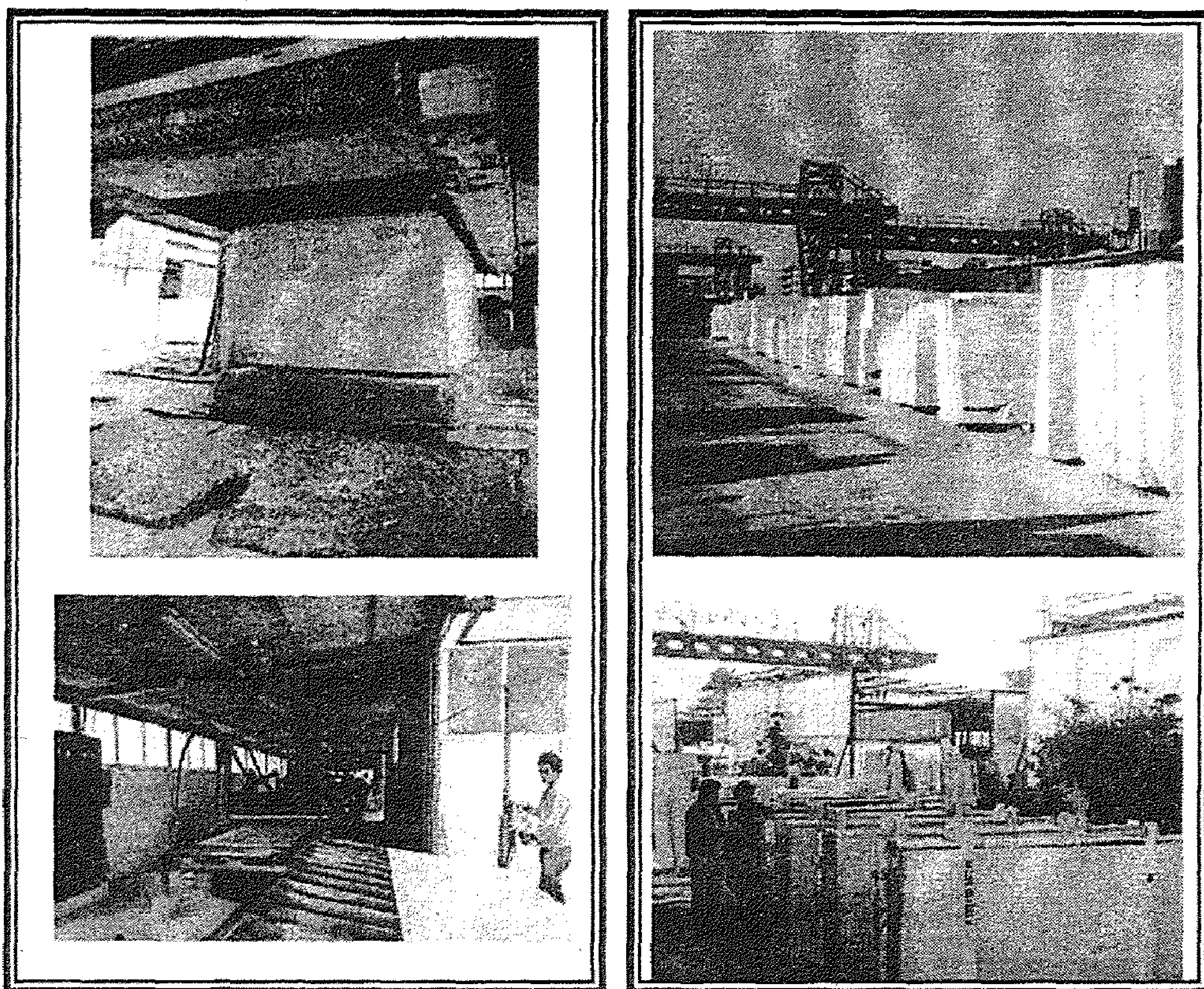
تبدأ عملية استخراج الرخام بالتنقيب والبحث عن الجبال التي تحتوي صخور ذات صفات محددة من ناحية الصلابة والكثافة واللون "ثم تقطع كتل كبيرة منتظمة من الصخور بواسطة آليات مصنعة خصصيصا لهذه الغاية، ثم

تنقل لمصانع الرخام التي تقطع وتعالج الكتل الصخرية الكبيرة وتحولها الى ألواح أو بلاطات صغيرة حسب حجم الكتل وصفاتها، ثم تتم عمية الصقل والتلميع حسب حاجة السوق.

تقوم مكنات التقطيع في مقالع الرخام تعمل عن طريق حفر ثقوب في الجبال حيث تتقاطع هذه الثقوب ومن ثم يدخل كابل من هذه الثقوب وتوصل الى حزازة التي تقوم بشد وحز الكابل حتى تستخرج قطعة الصخر الكبيرة وتسمى بلوك. بعد استخراج الكتل الصخرية تخزن في المصانع وبالتالي يكون هناك تشكيلة من الالوان والمقاسات، يتم تسويقها وبيعها ككتلة واحدة. ثم يتم تقطيع البلوك الى ألواح، يوضع البلوك على حزازة كبيرة التي بدورها تحز الكتل الرخامية حتى تتحول الى ألواح. ثم تبدأ عملية فرز الرخام حسب اللون او النمط (اتجاه العرق أو الخلفية). والصور التالية توضح هذه العملية:







عيوب الرخام:

أختلاف درجة اللون: من المعلوم أن الرخام والغرانيت مادة طبيعية، لذا يجب أن تصنف إلى درجات لون متقاربة قبل الشراء ويعاد فرز الالوان قبل التركيب للحصول على أعلى درجة من التناسق والاستمرارية، أي لون من الرخام أو الغرانيت يمكن فرزه لثلاث ألوان، وببساطة قم بفك الصناديق وترتيب البضاعة على الارض ومن ثم انظر الى الرخام من زوايا مختلفة لفرز درجات الألوان المختلفة ومن ثم قم بتجميع الالوان المتشابهة لتركيبها أو عرضها في منطقة واحدة.

يجب شراء كمية الرخام كاملة ولا يمكن تجزئة المشتريات ويجب الشراء من مصدر واحد وذلك لتباين الالوان والانخاب ضمن النوع الواحد.

أختلاف شكل التموجات أو حجم الحبيبات في الرخام أو الغرانييت: نفس الطريقة السابقة مع التركيز بالاضافة للون حجم وشكل الحبيبات.

بعض أنواع الرخام والغرانيت تدهن بمادة زيتية بعد التلميع لتعطي شكل جذاب ولمعة براقة، طبعا تزول بعد فترة ويبهت لون الرخام بسبب الحرارة والعوامل الجوية، يمكن كشف هذا النوع بطريقة بسيطة عن طريق فرك سطح الرخام بالاصبع سيعلق لون على الاصبع.

بقع اللون: يكون على سطح الرخام أو الغرانيت بقع كبيرة أو صغيرة أفتح أو أغمق من لون الرخام وكأنها بقعة زيت، هذ البقع لا تذهب وسببها توضع المعادن في الرخام، بعد فرد الرخام على الارض والنظر اليه من جوانب مختلفة قم بالطرق على حبات الرخام المبقعة بأصبعك أو قطعة معدنية رربما ستجد أن صوتها مختلف، عادة تكون أقل ثمن من الرخام العادي.

التصدع أو التشقق (كرك): اسكب بعض الماء وهو بدوره سيدلك على أماكن التصدع.

التبقيع: بسبب طبيعة الامتصاص للرخام فهو يقوم بامتصاص السوائل كالزيوت والمشروبات، قبل الشراء قم بتجربة بسيطة اسكب بعض من المشروبات الملونة على سطح الرخام ثم قم بمسحه وتنظيفه، تستطيع بهذه الطريقة البسيطة معرفة قابلية التشرب والامتصاص.

بعض الرخام لا يكون سطحه الخارجي أملس تجنب هذا النوع في الرخام الداخلي والارضيات الداخلية.

أنواع الرخام:

1. الرخا م الأبيض كراره:

وهو كثير الأنشار والرخام ذاك اللون الأبيض الذي نراه في أماكن كثيرة، وأفضل من ينتج هذا النوع هم الإيطاليون والأتراك ويمتاز كل بلد عن الأخر بشيء فالرخام الأبيض الإيطالي يمتاز بالصلابة ولكن لونه مطفي أما الأبيض التركي فيمتاز بأن له لمعة أعلى ولكنة هش وينكسر بصورة سريعة.

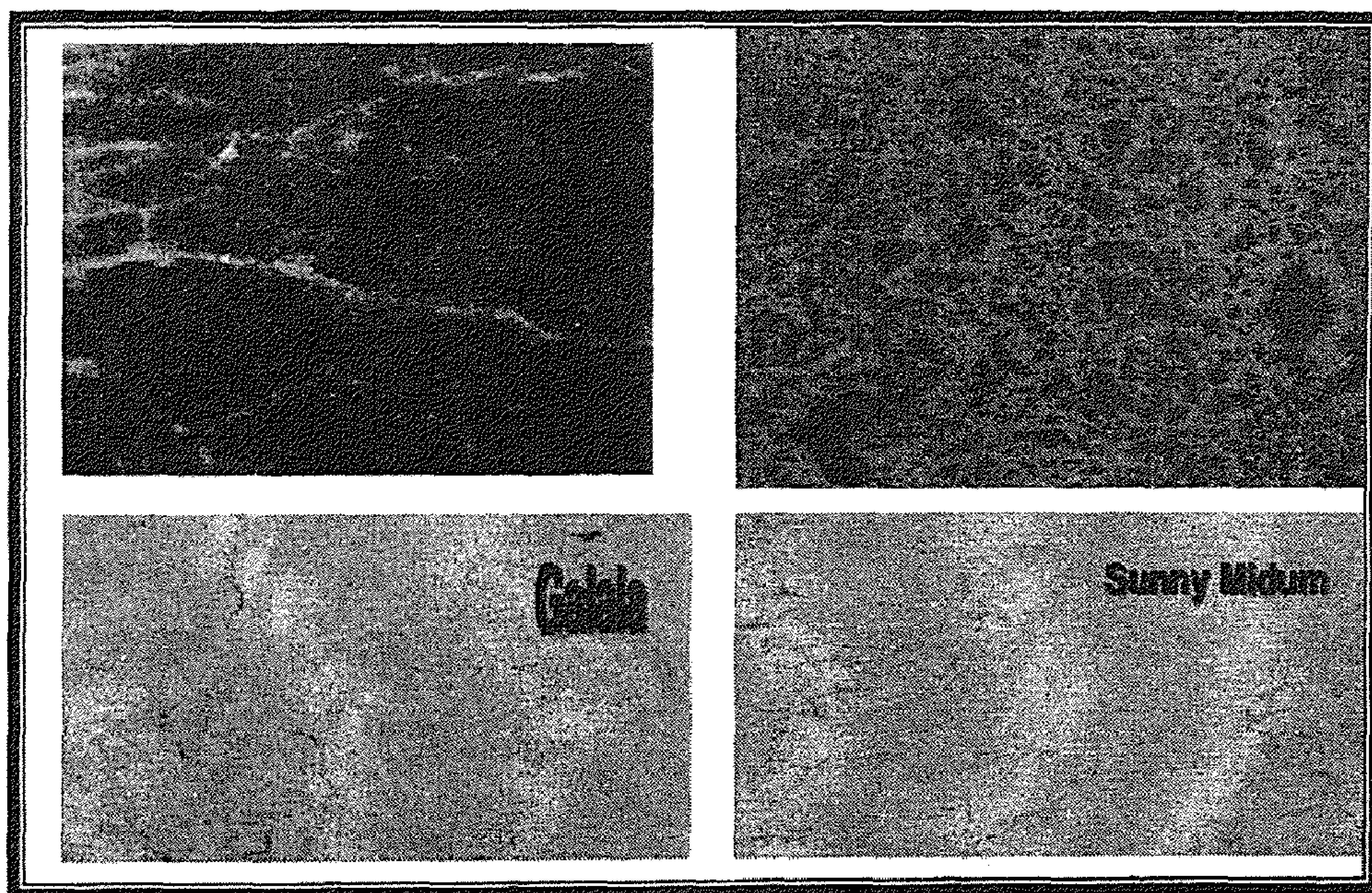
2. الرخام الإسود أسباني:

ويمتاز هذا النوع بأنه له لون اسود لامع ويتم العمل به في الأماكن بشكل جمالي رائع ويستخدم في الأرضيات بشكل كبير.

3. الرخا م الأخضر هندي:

وأكيد أسمه خير دليل على مكان إستخراجة وهو أيضا من الأنواع المستخدمة بكثرة ويستخدم في الأرضيات وعمل الأحواض والأنتيكات وخلافة.

4. امبرادور فاتح.
5. امبرادور غامق.
6. أحمر إليكانتا.
7. كريما روز.
8. أصفر.
9. برشيا.
10. كريما سيسيليا.
11. أزرق فيناتو.



بعض أشكال الرخام

الأنواع الرئيسية للتشطيبات:

1. اللامع Polished اللمعة الكاملة العادية: لمعة زجاجية وملمس حريري. ويتفاوت اللمعان حسب صلابة الخامة.
2. الهوند Honed نصف لمعة: لمعة مطفية وملمس ناعم ولكن لا يسبب الإنزلاق.
3. البرش أو الأنتيك Brush or Antique بوجه مجعد: تجاعيد بسيطة غير منتظمة ذات انسياب مع عريقات veins سطح الخامة الرخامية ويتفاوت عمق هذه التجاعيد حسب صلابة الخامة وكمية العريقات بها.
4. الاسيد Acid بوجه يشبه قشرة السمك: ذو سطح خشن منتظم او شبه منتظم يشبه ملمس جلد السمكة ناتج من تفاعل حمض الكبريتيك المخفف لدرجة معينة مع اسطح الرخام ويتفاوت التاثير حسب نوع الخامة. وقد يستخدم منفرداً أو من انواع اخري.
5. البوش هامر Push Hummer بوجه محبب مدقوق: شكل محبب بانظام ناتج من دق سطح الخامة علي ابعاد ثابتة.
6. التامبلد Tumbled معتق ذو حواف متآكلة: ذو حواف دائرة وكانها معتقة.
7. الفلام Flame محروق: من أجمل انواع الرخام حيث ان الحرق يغير من شكل الرخام الذي كان عليه قبل الحرق والمحروق قد يستخدم وحده في الديكورات الداخلية والخارجية وقد يضاف اليه الاسكراب Escrape ليمنحه اشكال غير عادية وقد يضاف اليه البوش هامر Bush Hummer واحياناً الباجردة.
8. اسكراب Escarped ذو مجاري طولية: ويستخدم في الديكور والتصميمات الراقية ويصلح للواجهات الخارجية والتصميمات الداخلية.
9. وجه جبل Mountain Face يعطي واجهة تشبه وجه الجبل: نوع حديث من المنتجات يستخدم في واجهات وأسوار الفلل والمباني ذات القيمة العالية.

وتجدر الإشارة أن النوعين الأوليين هما الأكثر استخداماً وباقي الأنواع أقل شيوعاً، وتحظي الأنواع من السادس وحتى التاسع بتميز باستخدام التصميمات الفاخرة.

2. الرخام الصناعي:

لقد تزايدت أسعار الرخام بسبب تكاليف معدات استخراجه العالية من المحاجر وارتفاع أجور العمالة المتمشية مع الزيادة العامة لأسعار مواد البناء. ورغما عن تطور وسائل نقل الرخام ميكانيكيا الا أن استخراجه من المحاجر يخضع للعمالة اليدوية المتزايدة التكلفة.

ولكن عمل ألواح الكسوة من الرخام وقطعها من البلوكات وتلميعها تطور وأصبح ميكانيكيا بدرجة عالية ولما كانت تكاليف استخراج وتوضيب الرخام من المحجر عالية جدا وبسبب ذلك اختيار الأنواع ذات المستوى العالى مع مراعاه تكوين الصخور ومراقدها واتجاه عروقها كما أن الهالك قد يصل بعد التهذيب والتوضيب الى 75٪ والذى يزيد من رفع السعر لأن الكسر الصغير والهالك لا يمكن بيعه بأسعار مناسبة أو استخدامها بشكل عملى. ولعل من أخطر الأكتشافات كيفية استخدام هذا الهالك والأنتفاع به بشكل اقتصادى في العمارة ويحل محل الرخام مع الأحتفاظ بالخصائص التى يمتاز بها الرخام.

ولذا فقد بدأ الأتجاه لصناعة كتل من الرخام مكونة من كسر الرخام والأسمنت ومواد كميائية أخرى ثم تجرى تقطيعها الى ألواح. ولكن الخواص الميكانيكية لهذا المنتج أقل بكثير من خواص الرخام الطبيعي المستخرج وعلى ذلك فقد طورت تكنولوجيا هذه الصناعه لتصبح البلوكات المنتجة بذات الصلابة والخصائص التى يتمتع بها الرخام الطبيعي. وذلك باستخدام (مادة رابطة) ليصير مظهر هذه البلوكات الجديدة أجمل وكذلك لرفع درجة صلابتها واندماجها وتماسكها ومقاومتها للاحتكاك واحتوائها على مجموعة الألوان المتناسقة مع نعومة سطحها.

وعن طريق استخدام الريزن مع البوليستر وعدة اضافات أخرى أمكن انتاج بلوكات من الرخام له نفس الجمال وألوان الرخام الطبيعي. كما أمكن قطع هذه الألواح بسمك أرق من المعتاد لتفوقها في الصلابة عن مثيلاتها من الرخام الطبيعي بحيث يبلغ 1.5سم.

وبذلك امكن التوصيل الى استخدام اقتصادي وعملي لهالك ناتج الحاجر من كسر الرخام الطبيعي بالمحاجرمما يرفع كفاءة وقيمة انتاجية هذه المحاجر وكخلاصة فان الرخام الصناعي يعتبر فتحا معاصرا لتطوير صناعة الرخام واستخداماته في العمارة والاستفادة القصوى من الرخام الصناعي ييسر الاستفادة من طبقات وأحجام الرخام التى لم تكن تستخدم من قبل لعدم صلاحية مقاساتها أومراقدها كما يسهل انتشار استخدام الرخام في أعمال الكسوة الرأسية والأفقية بخارج وداخل المبنى والمنشآت وكذلك في أعمال الأرضيات ودرج السلالم.

ويصل سعر الرخام الصناعي الي 70٪ من سعر الرخام الطبيعى بالصلابة البالغة وجمال الوانه وامكانية الحصول على تشكيل متداخل بين أكثر من نوع ولون مع خلوه من الشروخ ومن التسويس أو الثقوب.

الرخام الصناعي والترجمة الصحيحة للاسم الاجنبي (solid surface) الأسطح الصناعية الصلبة أو الرخام المعدل هندسيا (engineer stone) هو عبارة مادة تشبه في الشكل الرخام الطبيعي وهي محاولة لتصنيع الرخام وحذف السلبيات الموجودة في الرخام الطبيعي مثل سهولة الكسر والتمدد والانكماش وتغير الالوان وهو عبارة عن خلطة من البودرة الخاصة والتي تستورد من اليابان مخلوط معها مادة كيميائية تسمي بوليستير ريزن ممكن استيراده من اليابان او السعودية مع ألوان اوكسيد وتخلط جميعها بنسب معينة لتعطي خلطة خاصة تستخدم في تصنيع الألواح المسطحة وتصب في قوالب لتصنيع أطقم الحمامات (بانيو – حوض غسيل – مرحاض) وتدخل المادة في تصنيع العديد من مستلزمات الديكور. وتختلف جودة الصناعة بحسب نوع المادة الطبيعية المكونة للمنتج وكذلك بحسب نسبته، فإذا كان نوع المادة الطبيعية ذات صلابة عالية كالرخام فهو جيد والأجود منه ماكان يحتوي على الكوارتز وكذلك ما كان من السيلكا بشرط صناعته في درجة حرارة عالية وضغط هائل مشابه أو أعلى لحالات تكون الرخام طبيعياً.

أنواع الرخام الصناعي:

هناك ثلاثة أنواع أساسية:

الأول: أسطح صناعية صلبة مصنوع من الاكريليك.

الثاني: أسطح صناعية صلبة مصنوع من البوليستر ويعرف بأسم (acrylic modify) اي الاكريليك المعدل.

الثالث: اسطح صناعية صلبة مصنوعة من كربونات الكالسيوم (calsum caponite).

اما الاول فهو الأفضل للبيئه وأشهر الماركات (كوريان) – (ستارون) – (ويلبورن) – (ال جي) – (افونايت) – (هانكس) – (ولسون ارت) – (فاري كور) وتركيبته الكيميائية كالتالي:

1. (الريزن) resin وهو مادة صمغية تشبه في الشكل العسل الأبيض وهي شفافة وعمرها الافتراضي قصير لا يزيد عن ستة شهور.
2. (بودرة الالومنيوم) methametalacryliate وهي عبارة عن بودرة بيضاء تشبه الجبس أو الاسمنت أو حتى الدقيق.
3. (الأصباغ) pegments وهي لتغيير لون البودره من الأبيض إلى اللون المطلوب يتم خلط هذه المواد مع إضافة محفزات ومصلبات وتخلط بمكائن كبيرة الحجم ويصب على خط إنتاج قد يصل طوله من 40 متر إلى 100 متر في المصانع العملاقة وبعدها يقطع بالأطوال المطلوبة ثم يدخل في مكائن شفط الهواء ثم يجفف ويخرج للأسواق في صورة ألواح ثم يبدء مرحلة التصنيع للتطبيقات المعروفة مثل أسطح المطابخ والمغاسل وطاولات الطعام والمعامل وخلافه.

أما الأنواع الثانية فلها نفس طريقة التصنيع ولكن يستخدم لها ريزن اقل جودة وهو البوليستر وله نفس الشكل ولكن لون يميل إلى الأصفر وعيبه أن المنتج النهائي يكون أكثر قساوة من الاكريليك مما يعرضه للكسر بسهولة ناهيك عن ان له رائحة.

أما الثالث فهو ينتج بكثرة في الصين وتكلفته منخفضة حيث أن كاربونات الكالسيوم والمعروفه باسم (الجير) في بعض الدول قليلة التكلفة ويمكن أن يضاف إليها أيضا الرمل الأبيض لتقليل التكلفة ولا ينصح بأستخدامه.

العناصر التي تفضل في اختيار التكسيات بالرخام:

أ. التكسيات الخارجية للواجهات:

1. يراعي أن تكون التكسية ذات مقاومة للعوامل الجوية (endurance).
2. يراعي أن يكون اللون والتكوين والمظهر الطبيعي مناسبا لموقع التكسية ويفضل الجرانيت لصلابته ثم الرخام الأبيض (الكريستالي والسكري ذو الحبيبات الكبيرة) ثم يليها الرخام ذو الحبيبات المندمجة مثل البرلاتو – البوتشينو – السرينتين – الترافرتينو ويرجع هذا كله إلى اختيار المعماري للنوعية وكذلك بالنسبة للسطح سواء خشن أو ناعم ويفضل أن يكون السمك لألواح التكسية من الرخام لا يقل عن 2 سم.
3. يراعي عند الاختيار العوامل المؤثرة التالية:

أ. الوزن الذاتي – تأثير الرياح – الرطوبة والأمطار.

ب. التمدد والانكماش للمتغيرات في درجات الحرارة بموقع التركيب.

- الوزن الذاتي:

يراعي أن تكون الكانات المثبتة في الحوائط كافية لحمل الوزن الذاتي للبلاطات (الواح التكسيات) مع ملاحظة أن متوسط أوزان المتر المربع من الرخام بالنسبة للسمك علي النحو التالي:

السماكة بالسنتميتر	الوزن بالكيلو غرام
2	54
2.2	60
2.5	68
3	81
3.2	86

السماكة بالسنتميتر	الوزن بالكيلو غرام
3.8	108
4	108
5	135
6	162

- **تأثير الرياح:**

تتركز هذه التأثيرات غالبا تحت تأثير إجهاد الرياح والأمطار في الأركان والارتفاعات ويراعي الضغط الواقع عليها عند التصميم في كيفية تثبيتها أو نوعيتها.

- **الرطوبة والأمطار:**

يراعي أن تكون المباني المركب عليها هذه الكسوات من الرخام تامة الجفاف وذلك لعدم نفاذ الرطوبة والأملاح إلى السطح الخارجي.

- **التمدد والانكماش:**

يراعي ألا يتم تركيب تكسيات الواجهات الخارجية إلا بعد حوالي من (2 – 3) أشهر من الانتهاء من أعمال المباني والخرسانات وذلك حتى يتم تفادي متغيرات درجات الحرارة وثبات المنشأ.

مواصفات وطرق تنفيذ الرخام:

1. يجب أن يكون الرخام جيد الصنف وأن يكون من النوع والسمك المطلوب الصلب الخالي من العيوب العروق المعدنية والشروخ والخدوش وأن يكون بقدر الأمكان متجانس اللون وعند كسره ترى له حبيبات دقيقة مندمجة تامة التبلور كما يجب أنت يكون من الصنف المعروف بنخب (1) وأن يكون من المحاجر التى تشير اليه بنود المقايسات ويلزم اعتماد عينة منه قبل التوريد.
2. يورد الرخام للعمارة تام القطع مطابقا كما هو مبين بالرسومات التفصيلية ولا يسمح بقطعة وتوضيبة في نقطة العمل الا ما كان ضروريا لقطع الغلاقات

والكينـارات بتقفيـل أطوالهـا ويشـمل الـثمن الصـقل والتلميـع للحصـول علـى سطح ناعم مستو تماما مع تلميع جميع الأجزاء الظاهرة بالشمع.

3. يلصق الرخام بمونة مكونة من 350كجم أسمنت للمتر المكعب من الركام الصغير (الرمل) النظيف وتملأ لحاماته بلباني الأسمنت الأبيض الصافي المضاف اليه مسحوق الرخام الأبيض مع اضافة 100كجم أسمنت للمتر المكعب من هذه الخلطة كما يشمل علاوة على ما ذكر تثبيت الكسوة الرخام على الحوائط أو البطنيات بالكانات النحاس تثبيت الأرفف الرخام على كوابيل حديد من قطاع 48 × 48 مم بسمك 5 مم على شكل حرف (S) ومثبتة بالحائط بمونة الأسمنت والركام الصغير بنسبة 3:1 ودهان الكوابيل وجهين سلاقون وثلاثة أوجه بوية الزيت باللون المطلوب وفي حالة كسوات الحوائط يجب عمل مدماك واحد والمدماك هو السطر المكون من عدة قطع بجوار بعضها في مستوى علوى واحد ويملأ بين هذا المدماك والحائط بما لا يقل عن 6 سم مونة ولا يسمح مطلقا ببناء المدماك الثاني الا في اليوم التالي وذلك لضمان عدم ترحيل المدماك السفلي قبل جفافه ورشه بالماء الغزير.

4. بعد تركيب الرخام يلزم وقايته بتغطيته بشكاير فارغة نظيفة ووضع ألواح خشب عليها أو تغطيته بطبقة كافية من الخيش.

التشطيب والجلي:

- تنظف الواجهات للرخام والجرانيت من أربطة الجبس باستعمال السكين أو المسمار والشاكوش.
- تنظف الأسطح بالسكين لرفع رايش الجبس ومونة السقية وتنظيف اللحامات بالسكين.
- تملأ (تزمييك) اللحامات بمونة الأسمنت وبودرة الرخام + اللون (حسب الطلب) أو باستعمال مواد أخري إيبوكسية سريعة الشك ولها خاصية المرونة.
- تغسل الواجهات بالمياه.
- تخديم (تسوية) اللحامات بالصاروخ وأحجار الصنفرة.
- يتم التشطيب والصقل طبقا للمظهر المعماري المطلوب.

الصيانة:

الرخام والجرانيت وأحجار الزينة:

أ. الواجهات الخارجية والداخلية والأشكال والوزرات:

1. يعاد فك ألواح الرخام أو الجرانيت التي بها تحرك أو تخلخل أو غير سليمة في مكانها نتيجة عوامل مختلفة وتكسير مونة السقية خلفها وإعادة تركيب السليم من الألواح مكانها أو توريد ألواح رخام أو جرانيت جديدة من نفس النوع المركب. سليمة بدلا من التي بها كسورات مع تأمين التثبيت للألواح المستجدة بأربطة وكافة عوامل التأمين الفنية – ثم عمل السقية بلباني الأسمنت خلفها.
2. نظافة اللحامات والعرانيس وإعادة ملئها (تزميك) بالمعاجين والألوان الخاصة.
3. إعادة إزالة الأتربة والأملاح العوالق بالواجهات من رخام وجرانيت باستعمال سكين المعجون وأحجرة الجلاء الكربوراندم وأفرخ الصنفرة باستعمال الصاروخ الكهربي أو ماكينة الجلاء الكهربائية للحوائط حسب الحاجة.
4. غسيل الواجهات بالمياه الحلوة النظيفة.
5. ملء (تزميك) اللحامات والثقوب بقطع الرخام والجرانيت وبالمعجون (والكولا السريعة أو البطيئة) واللون حسب الحاجة.
6. إعادة جلاء تلميع الواجهات للرخام والجرانيت.. بنفس أسلوب التشطيب والجلي.

بلاط الأرضيات المرنة:

اكتشف مؤخراً الكثير من الخامات الحديثة والمتنوعة، منها الكيماوية أو البترولية أو الخامات التي توفرها الطبيعة، مثل القطن والفلين والكتان والقنب وغيرها، ومن مميزات الارضيات الحديثة (الالوان المتعددة، الملمس المتنوع، الليونة، النعومة، العزل للرطوبة والحرارة والصوت، بالاضافة لمقاومة البكتيريا وإمكانية غسلها في الماء والصابون).

أولا: أرضيات المطاط:

يتركب المطاط من المطاط الطبيعي أو الصناعي، ويضاف اليه نسيج القطن وحبيبات من الفلين والتي تعطي قوة التماسك والتشابك بالاضافة لليونة المطلوبة، ويضاف اليها ألياف الاسبست والاصباغ لتكون مقاومة للحراة والحريق وتكون بألوان مناسبة للاستخدام.

مميزات أرضيات المطاط:

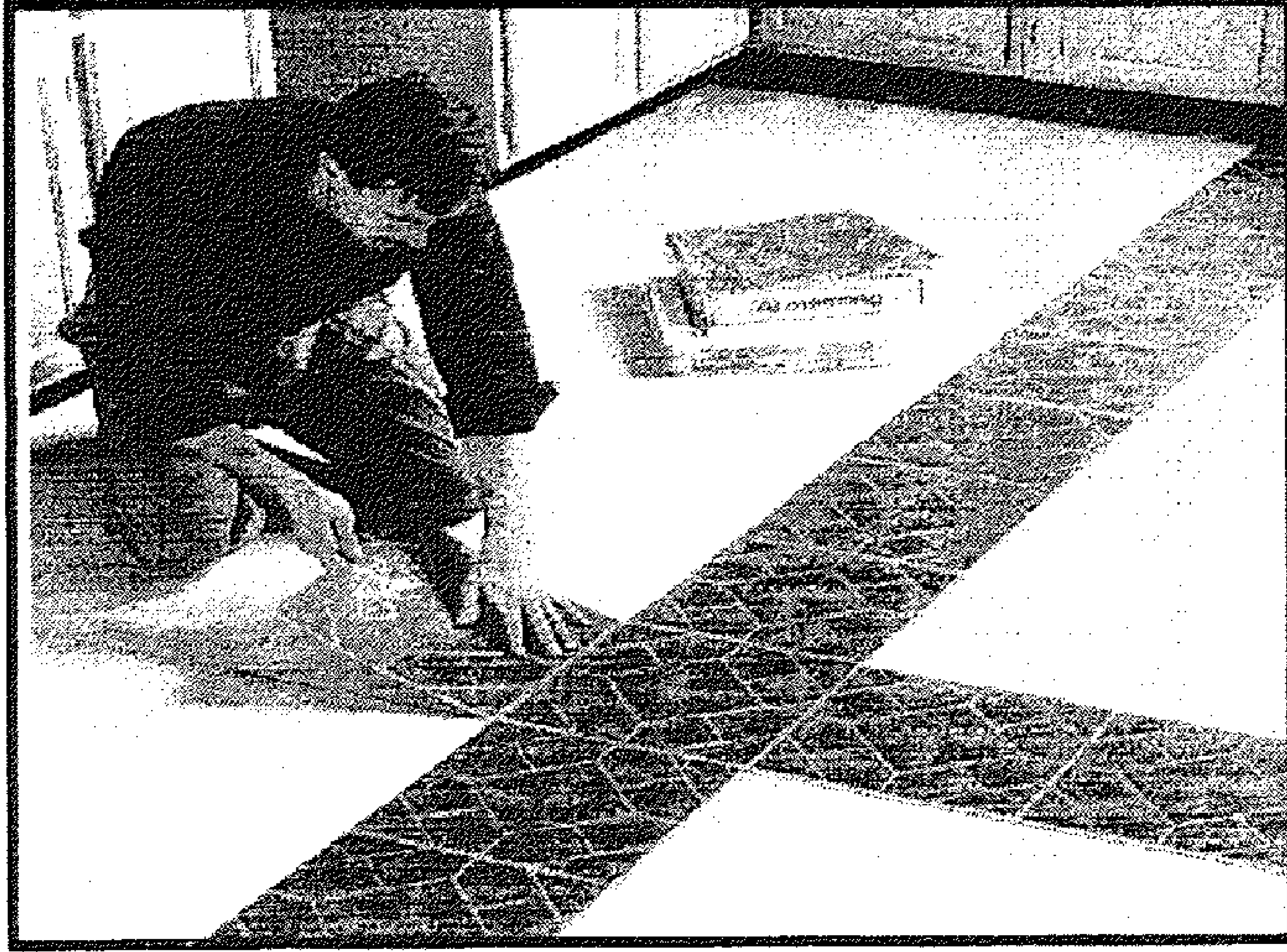
(1) عازل للصوت بدرجة عالية.
(2) لا يحتوي على شوائب ضارة.
(3) مريحة أثناء السير عليها.
(4) غير ماصة للأتربة والغبار، ويمكن تنظيفها.
(5) تتوفر بمقاسات مختلفة وألوان متعددة.

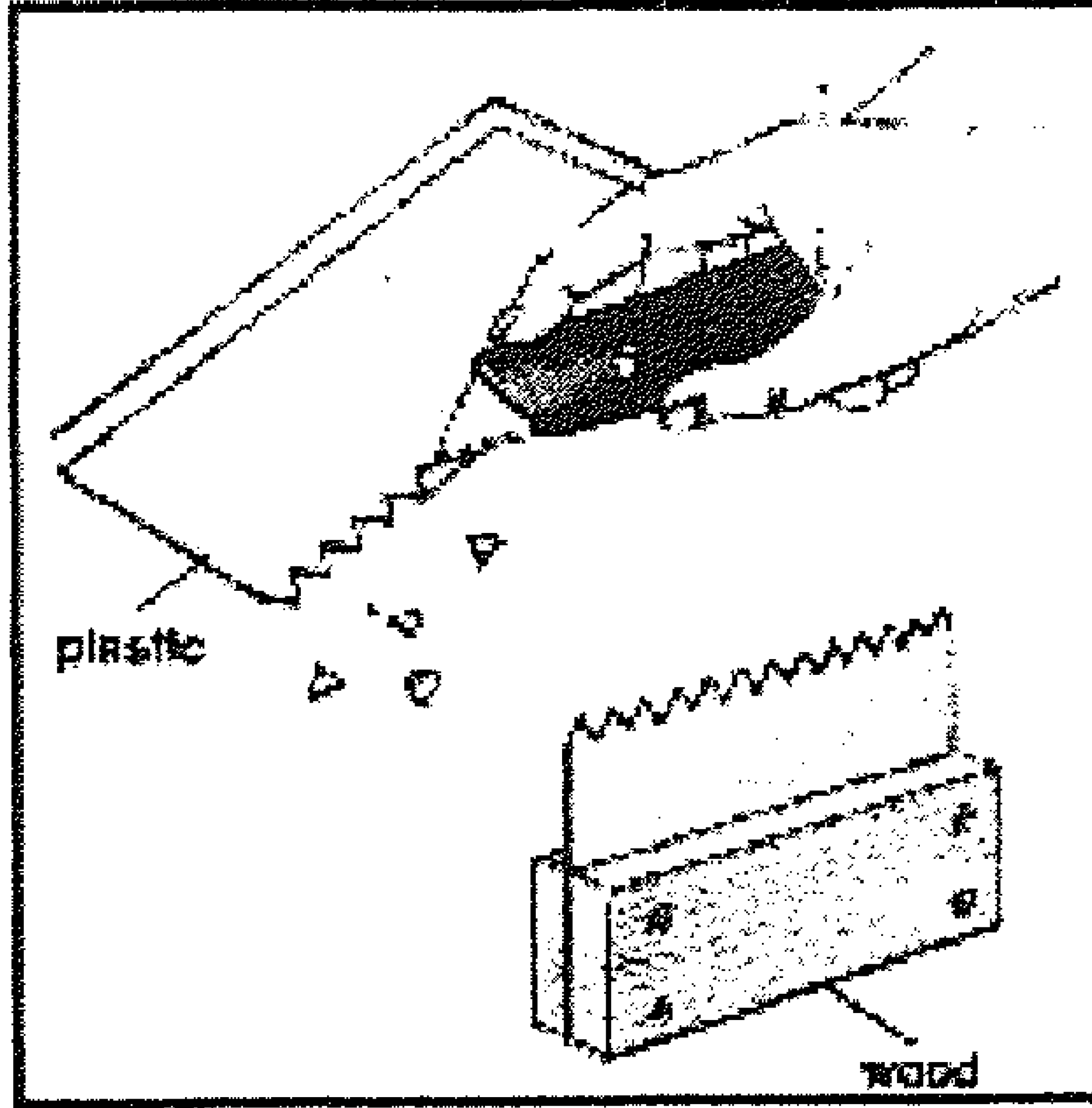
قياسات بلاطات المطاط: (23×23 سم) (25×25 سم) (30×30 سم).

قياسات الرولات(العرض 90 – 210 سم) (الطول 25 م) (3 – 6 ملم).

تركيب بلاط المطاط:

(1) يثبت فوق ارضيات الاسمنت أو السدد الخشبية ويجب أن تكون ناعمة نظيفة خالية من الحفر والنتوءات.
(2) تفرد المادة اللاصقة بالمشحاف المسنن ثم تترك لفترة قصيرة.
(3) يتم تركيب البلاطات بخطوط مستقيمة متعامدة ومتلاحمة الحلول.
(4) يتم الضغط على البلاطات أول بأول بواسطة مدحلة خشبية/ رول وزن (5 – 10 كغم).
(5) بعد الانتهاء تنظف الارضية من زوائد الغراء بالاسفنجة والماء الفاتر.
(6) يجب عدم السير عليها، إلا بعد مرور 24 ساعة من التركيب.





ثانيا: أرضيات الفلين Cork Floor

تتكون أرضيات الفلين من (أكسيد زيت بذر الكتان) الزيت الحار بالاضافة الى مواد صمغية راتنجية، وحبيبات الفلين الطبيعي والاصباغ، حيث تركب على قاعدة أو أرضية مصنوعة من نسيج القنب وخيوط صناعية، حيث تعتبر هذه الارضية من أفضل الانواع التي تستخدم في ستديوهات الاذاعة والتلفزيون والسينما والمسرح، وتستخدم في تبطين الجدران وذلك للمميزات التي تميزها عن غيرها من الارضيات.

مميزات أرضيات الفلين:

(1) كاتمة وماصة للصوت بدرجة عالية جداً ولا تصدر اصوات أثناء السير عليها.

(2) غير ماصة للأتربة ويمكن تنظيفها بالماء والصابون.

(3) مرنـة حيـث تعـود لحالتهـا الطبيعيـة بعـد الاسـتخدام والسـير عليهـا، وهـي غـير زلقة.

(4) تتحمل فروقات درجات الحرارة المختلفة.

(5) معتدلة الرطوبة شتاءاً والحرارة صيفاً.

(6) تتوفر بعدة ألوان وقياسات منها البلاط أو اللفائف/الرولات.

(7) يمكـن أن يغطـي الفلـين بالقمـاش الشـمواه وخاصـة في حالـة العـزل الصـوتي الكامل.

الفحوصـات: يـتم فحـص البلاطـات للتأكـد مـن (التشـليم/أي قـوة الحـواف وعـدم تمزقهـا، الجفـاف ومقـدار درجـة الليونـة فيهـا، الالتصـاق وقـوة لصـقها علـى الارضيات وتماسكها).

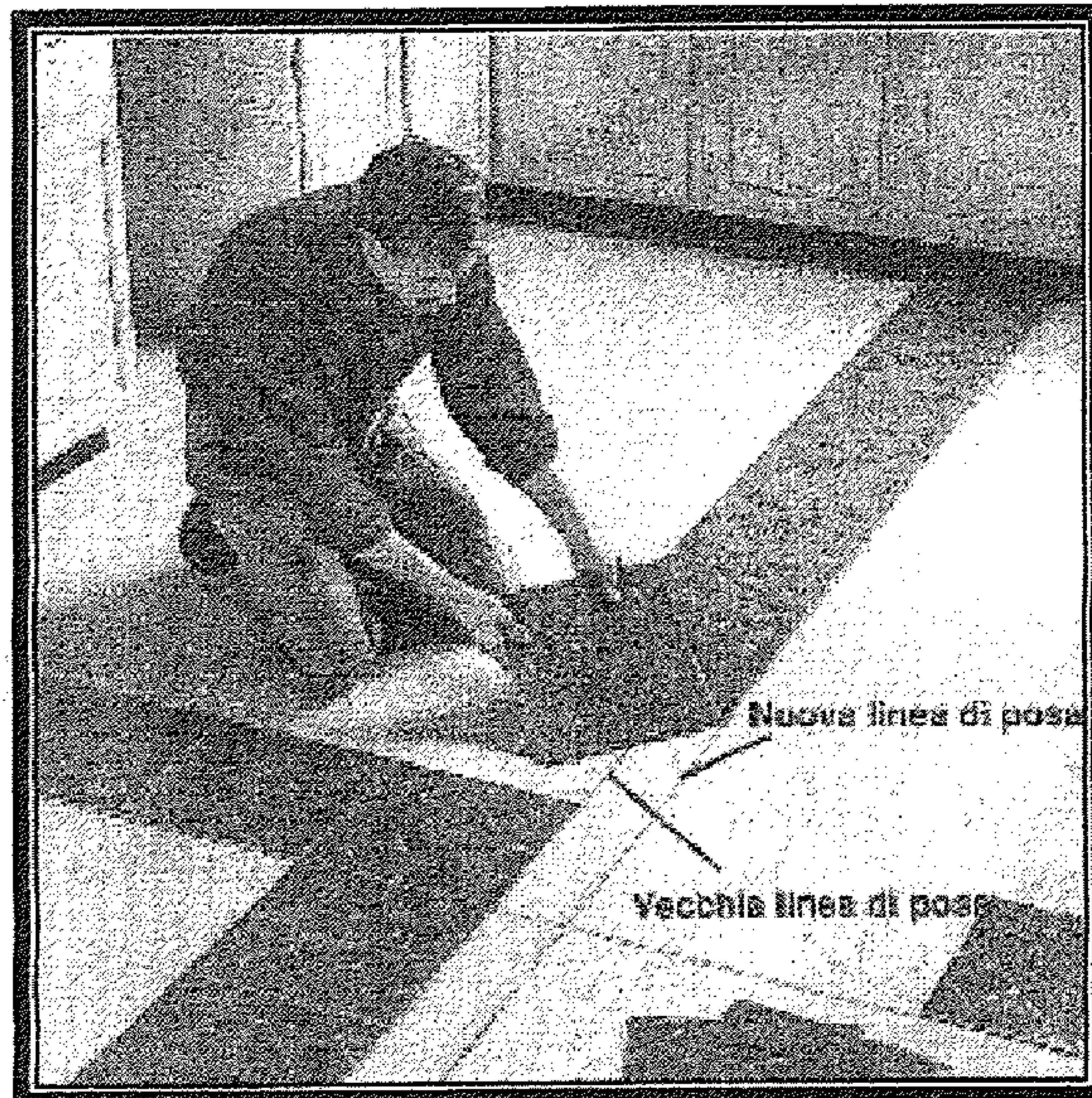
قياسات أرضيات الفلين:

البلاط (10×10 سم) (20×20 سم) (45×45 سم) (25×25 سم).

(60×60 سم) (25×90 سم) (45×90 سم) (22,5×22,5 سم).

اللفائف/الرولات (الطول 13 – 30 متر) (العرض 1,83 متر).

(السمك 3 – 8 ملم).



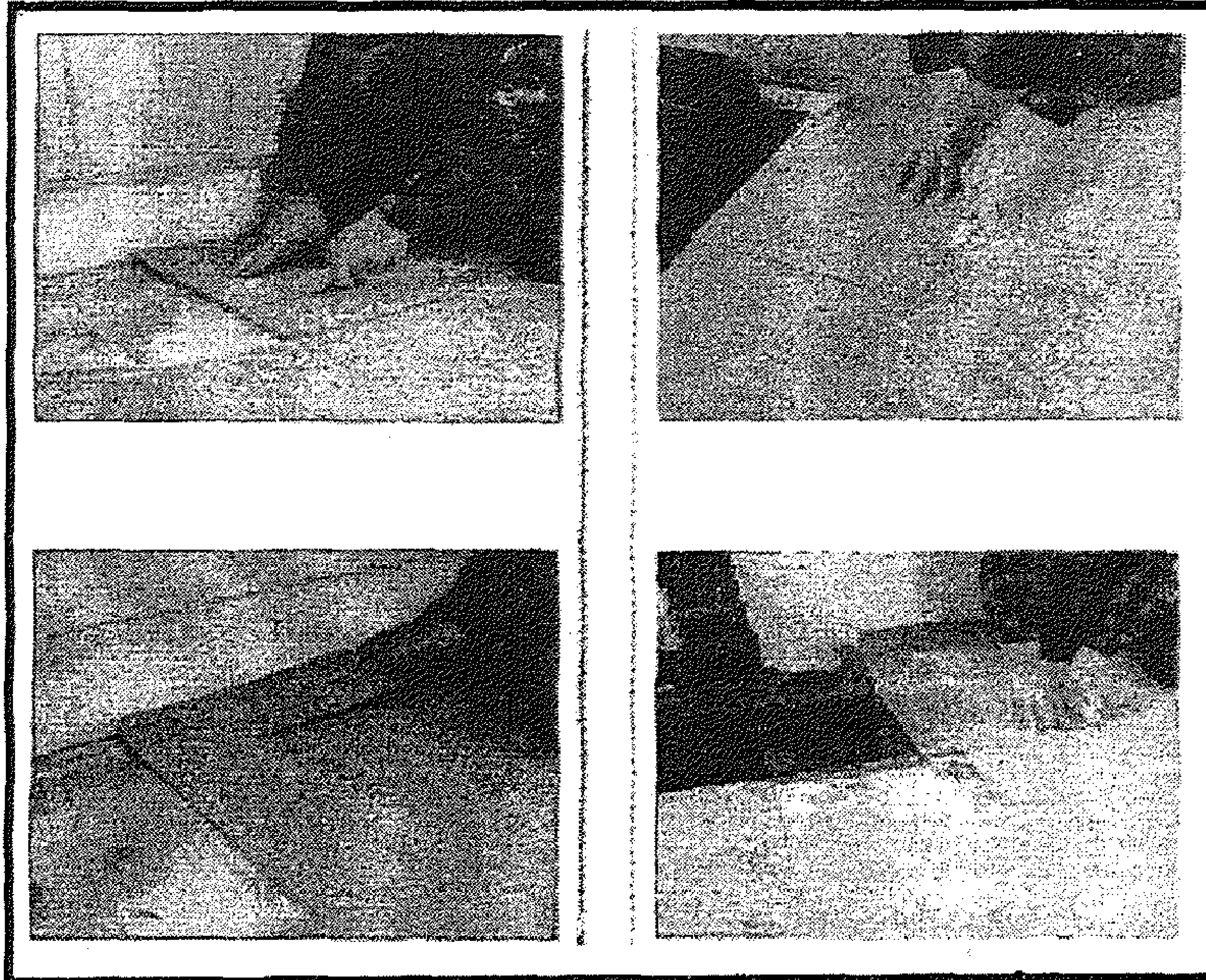
طريقة تركيب أرضية الفلين:

يتم تركيب أرضية الفلين على أرضية البلاط الاسمنتي العادي أو البلاط الصلب الاسمنتي، ويجب أن تكون هذه الارضية نظيفة ومستوية وخالية من الحفر والشوائب.

(1) يجب أن تكون الارضية نظيفة وجافة.
(2) يتم دهن سطح الارضية وظهر البلاطة بالمادة اللاصقة.
(3) يتم تركيب البلاط بحيث مراعاة تطابق اللحامات والاستقامة المتعامدة التامة، حيث تركب الارضيات السميكة منها بواسطة الافريز واللسان
(4) يتم الضغط على البلاطات بواسطة ثقل أو مدحلة خاصة وزنها يبدأ من (70كغم).
(5) بعد جفافها يتم إزالة الغراء الزائد بالماء الساخن.
(6) يتم صقل/تلميع الفلين ويدهن بالورنيش أو الشمع الخاص.
(7) يتم تركيب بانيل حول محيط الغرفة لحماية أطراف البلاط.

الفحوصات: يتم التأكد من (التشليم/أي قوة الحواف وعدم تمزقها، الجفاف والليونة فيها، وقوة لصقها على الارضيات وتماسكها).

خطوات تركيب ارضيات الفلين:





أدوات تستخدم في تركيب الارضيات الصناعية

ثالثا: أرضيات اللينوليوم /الكاوتشوك Rubber Floor:

هذه الارضية مكونة من طبقتين اساسيتين وهما طبقة الوجه الكاوتشوك وطبقة الظهر المكونة من القماش أو الخيش.

مميزات أرضية اللينوليوم:

(1) متينة وقوية تعيش لفترات طويلة إذا حُفظ عليها.

(2) مريحة أثناء السير عليها وغير زلقة.

(3) غير ماصة للأترية ويمكن غسلها بالماء والصابون.

(4) يمكن عمل تكوينات زخرفية وهندسية ملونة منها.

(5) ماصة للصوت حيث تستخدم في الاستوديوهات وأماكن الدراسة.

(6) عازلة للرطوبة والماء وغير موصلة للكهرباء والحرارة.

(7) تحتفظ بمظهرها لمدة طويلة دون أي إضرار أو تغيرات.

عيوب أرضية اللينوليوم:

(1) تترك أرجل قطع الاثاث الثقيلة الوزن أثراً على الارضية لا يزول.

(2) تترك السجائر لوناً داكناً على الارضية لا يمكن ازالته.

(3) بعض الانواع يصدر رائحة خصوصاً اذا ترك المكان مغلقاً لفترة طويلة.



تركيب أرضية اللينوليوم:

يتم تركيب أرضية اللينوليوم على أرضية خرسانية أو بلاط أسمنتي أو خشبي، تكون مستوية وجافة وخالية من الحفر والنتوءات والمسامير والاتربة والزيوت.

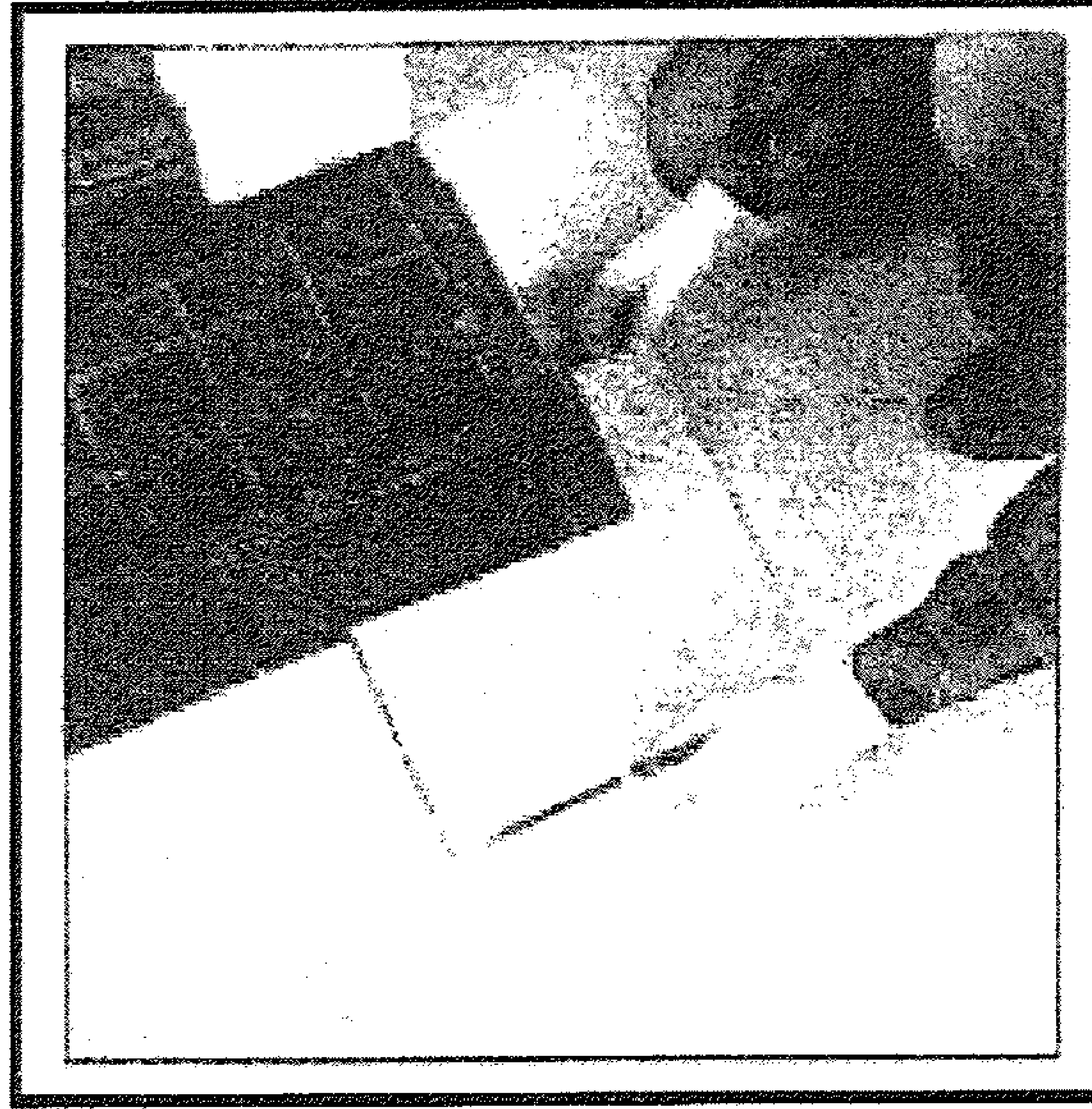
(1) تدهن الارضية بالمادة اللاصقة وذلك بفردها بواسطة مشحاف مسنن لتوزيع الغراء بالتساوي.

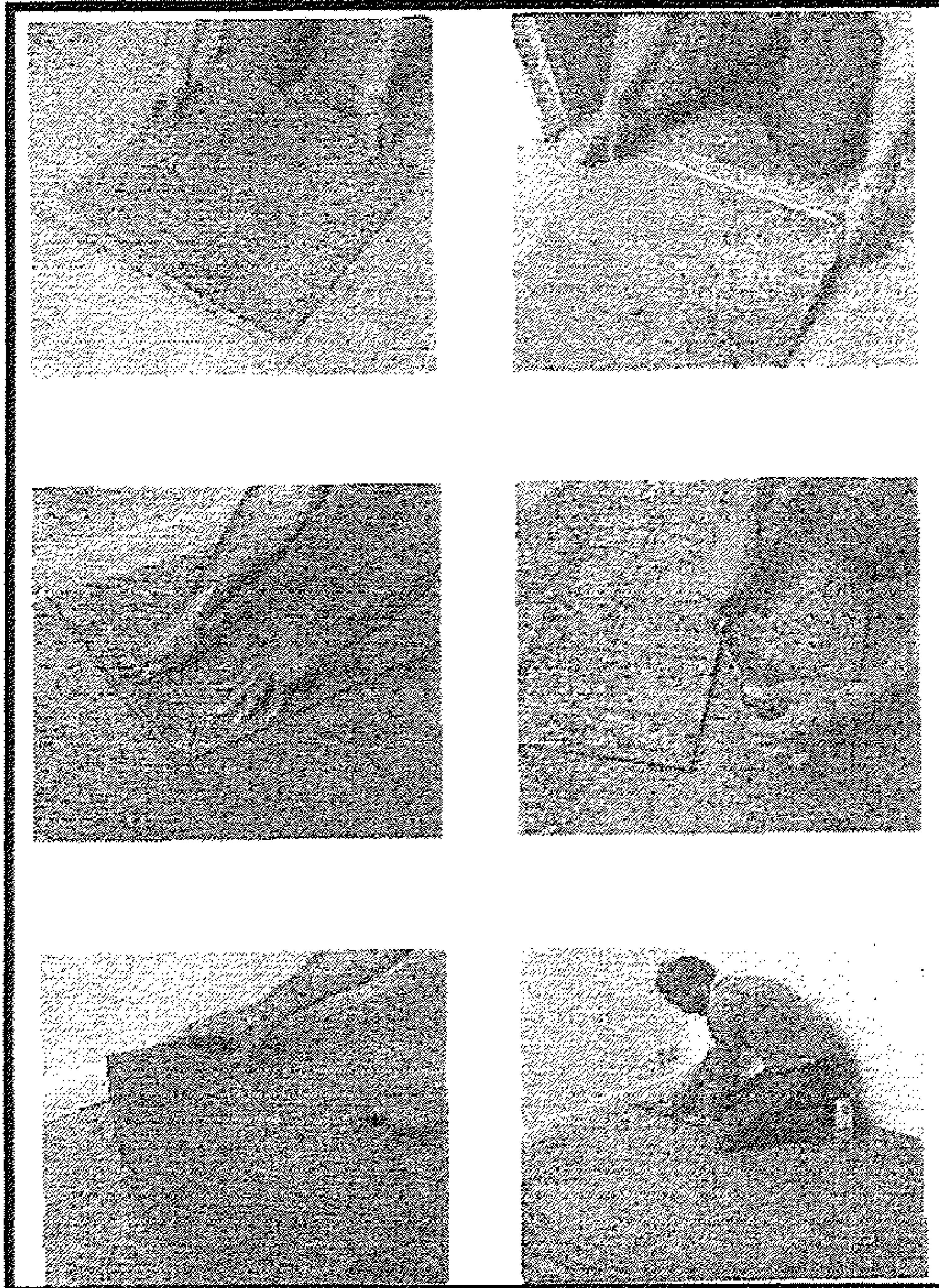
(2) تلصق البلاطات أو اللفائف مع مراعاة تطابق اللحامات مع بعضها وباستقامة متعامدة تامة.

(3) وضع ثقل على البلاط بواسطة مدحلة وزن (70 – 90 كغم) لضغط البلاط والتأكد من التصاقه.

(4) بعد جفافها يتم تنظيفها بالماء الساخن والصابون.

(5) يتم تشميع الارضية ووضع بانيل حول الغرف لحماية حواف البلاط.





طريقة تركيب أرضيات اللينوليوم

رابعا: أرضيات الفينيل (P.V.C) Vinyl Floor:

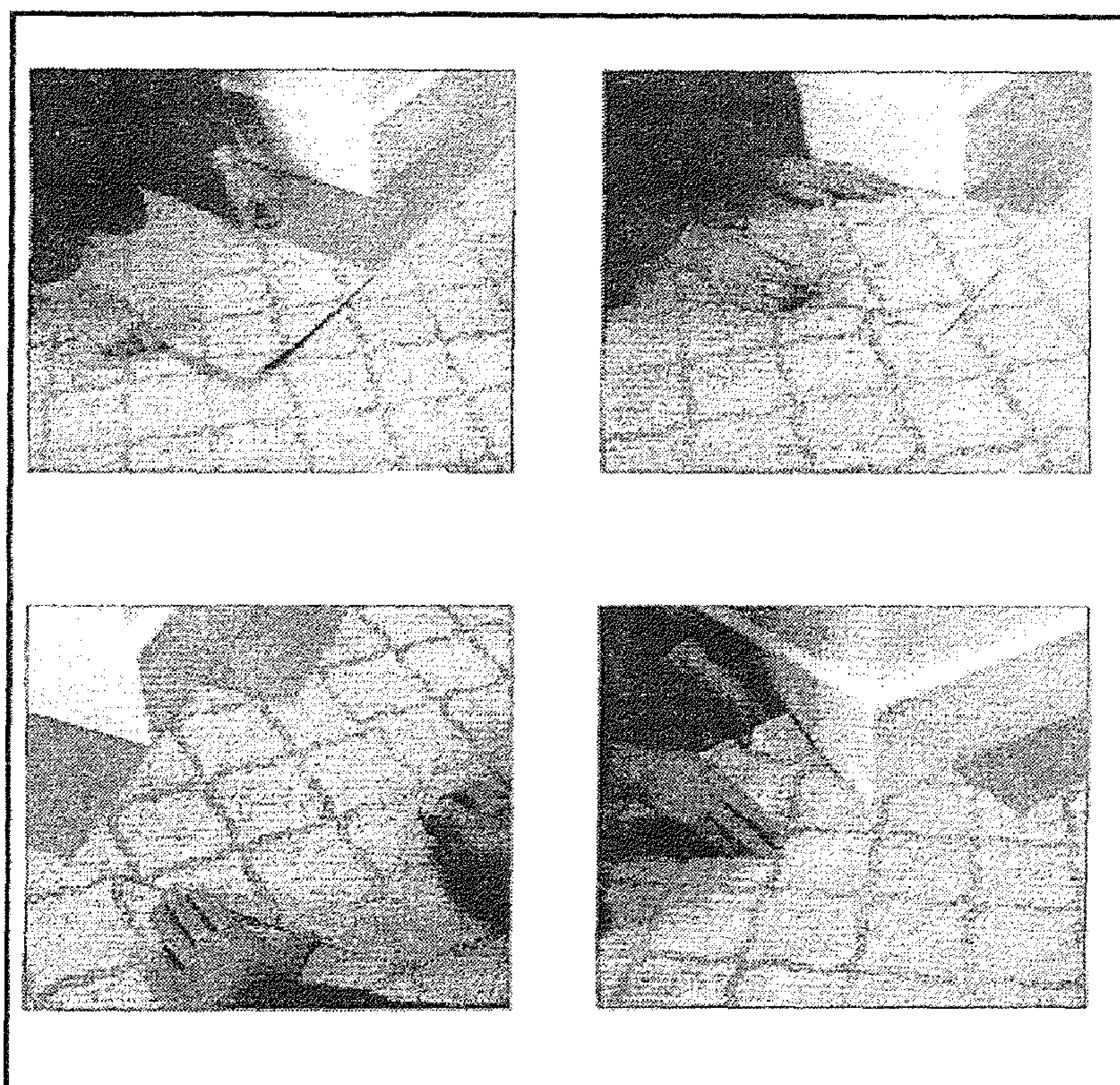
تتكون هذه الارضية من حبيبات ناعمة من مادة (الفينيل والاسبست) بالإضافة لخام (بولي فينيل كلوريد– Poly Vinyl Cloride) وهي مادة راتنجية

مشابهة للكاوتشوك مع البلاستيك وكلوريد الفينيل بنسبة (25 – 30 ٪) مع الاصباغ والانسجة المعدنية لتقوية الارضية ومواد مالئة ومعبات.

قياسات أرضيات الفينيل:

(23×23سم) (25×25سم) (30,5×30,5سم) البلاطات. (1,6 ×3,2ملم) السماكة.

أما الرولات: (الطول 25 متر عرضها 90 سم والسمك من 1,6 –3,2 ملم).



13

الفصل الثالث عشر

الدهانات

الدهانات

الدهانات مادة توضع لتضفي اللّون والحماية لأنواع عديدة ومختلفة من الأسطح. وتستخدم في طلاء الجدران، والهياكل الخارجية للأبنية والسيارات والأثاث والأجهزة المنزلية، وكذلك العديد من الآلات وقطع الغيار. تُطلى الأسطح بمعظم أنواع الدهانات على هيئة سائل، ثم تجف لتُكَوِّن طبقة صلبة رقيقة. ويكون سمك طبقة الطلاء في الغالب حوالي 0,08م.

تعريف الدهانات:

الدهانات هي تلك الطبقة الأخيرة التي تكسى أو تطلى بها الأسطح (الجدران، الأسقف، الارضيات، الخشب، المعادن) لتضفي طابعاً جمالياً وزخرفياً خاصاً على الأبنية تارة ولتحمي الأسطح من التلف تارة أخرى.

نبذة تاريخية:

صنع إنسان ماقبل التاريخ الطلاء بخلط صبغات نباتية ومعدنية بالماء أو دهن الحيوان. كما قام بطلاء رسومات ملوّنة على جدران الكهوف وقباب المقابر، وجثث الموتى. ووجدت رسومات ملوّنة على جدران بعض الكهوف في أوروبا الغربية، طُليت قبل أكثر من عشرين ألف عام.

وبحلول عام 2000ق.م، طُليت المقابر المصرية بمواد تشبه تلك المستعملة في اللّوحات الفنية المنتجة هذه الأيام. صُنِعت هذه الطلاءات من صبغات تم توليفها بطريقة بدائية، وراتينجات طبيعية، وزيوت سريعة الجفاف. كما استورد المصريون الصّبغات من أماكن بعيدة مثل الهند. وأصبحت الرسوم الملوَّنة وصناعة الطلاء معروفة في كلّ من جزيرة كريت واليونان حوالي عام ألف وخمسمائة قبل الميلاد.

تعلّم الرومانيون صناعة الطلاء عن المصريين. وأصبحت صناعة الطلاء فناً منقرضاً بعد سقوط الإمبراطورية الرومانية خلال القرن الخامس الميلادي إلى أن بدأ الإنجليز تصنيع الطلاء مع نهاية القرون الوسطى. استعمل الإنجليز الطلاءات، في البداية، لطلاء الكنائس ثم لطلاء الأبنية العامة ومنازل الأثرياء.

وطور الفنانون الإيطاليون وعمال الحرف الفنية طرقهم الخاصة لتصنيع الطلاء خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر الميلاديين. ولسوء الحظ احتفظ هؤلاء الفنانون بتوليفاتهم في طي الكتمان، ولذا كانت طريقة تصنيع كلّ نوع من الطلاء تختفي بموت مكتشفها.

بدأ الإنتاج التجاري الواسع للطلاءات في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية خلال القرن الثامن عشر الميلادي. وكان المنتجون الأوائل يقومون بطحن وعجن صبغاتهم على رحى صخرية، وباستعمال أحجار كروية الشكل. واستعمل أولئك الصُنَّاع خامات مثل البيض، ومسحوق البن، واللبن الخالي من الدهن في تركيباتهم، كما كانوا يستعملون الماء لتخفيف الطلاء. تقدمت صناعة آلات الطحن والعجن والخلط في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، مما مكّن المنتجين من إنتاج كميات كبيرة من الطلاءات.

وقد تزامنت المستحدثات في تقنية صناعية الطلاءات جنبًا إلى جنب مع التقدم في علم الكيمياء خلال القرن العشرين الميلادي. اكتُشفت العديد من الراتينجات الصّناعية وكذلك عدد من الصبغات الجديدة. وتنوعت صناعة الطلاءات باطراد لمقابلة احتياجات الصناعة الحديثة، حيث توافرت العديد من الطلاءات للاستعمال الصناعي للحماية ضد الصدأ والمواد الكيميائية والغازات ودرجات الحرارة البالغة الارتفاع.

تُصنع الطلاء من صبغة أو أكثر مطحونة طحناً ناعماً، وسائل يستخدم وسيلة لحمل الدهان. وتُحَدِّدُ الصبغة لون الطلاء، وكذلك بعض الصفات الأخرى المميِّزة. ومن الصبغات الشائع استعمالها بسبب ألوانها، ثاني أكسيد التيتانيوم (أبيض اللون)، وكرومات الرصاص، (أصفر إلى برتقالي). والفثالوسيانين (أزرق أو أخضر)، والتلودين (أحمر). وغالبًا مايضاف إلى الطلاء بعض أنواع الصلصال، والميكا، وبودرة التلك وذلك لزيادة مقاومتها لعمليات التآكل. وتسمى هذه المواد شبه الشفافة المواد الإضافية أو الصبغات الخاملة. وتساعد صبغات مثل الرصاص الأحمر وكرومات الخارصين، الطلاء على حماية الأسطح المعدنية من الصدأ.

ويُضاف إلى الطلاء بعض الصبغات المحتوية على مساحيق معدنية ناعمة وذلك لتعطي الأسطح المطليَّة المظهر المعدني.

يحمل السائل المصاحب للبوية الطلاء، ويلصقه بالسطح المراد طلاؤه. وتتكون مثل هذه السوائل المصاحبة للبوية من راتينجات ومذيبات. هذه الراتينجات مواد صمغية يتحصَّل عليها طبيعيّا من النباتات أو تصنع عن طريق عمليات كيميائية معقدة، وهي تشمل الأكريليكات، والألكيدات والإيبوكسيدات والفينيلات.

تحدد الراتينجات درجة التصاق الطلاء والوقت اللازم للجفاف، ودرجة اللمعان، وصلابة الطلاء. والعديد من هذه الراتينجات عديم اللون.

المذيب هو المكوّن الذي يُبقي الطلاء على هيئة سائل. وتتحدّد كمية المذيب المستعمل بنوع الراتينجات المستعملة، ويكونُ الماء المادة المذيبة في غالبية الطلاءات المستعملة للأغراض المنزلية. ومن أنواع المذيبات الشائعة الاستعمال الكحولات المعدنيه والنفط والزيلين. وتسمى المذيبات أحياناً بمُخَفِّفات الطلاء.

تُستعمل الطلاء في أغلب الأحيان في الزخرفة، كما تُستعمل أيضاً لحماية الأسطح من التآكل. وتعطي بعض أنواع الطلاءات حماية آلية. فعند طلاء الألومنيوم يصبح أقل قابلية للخدش، كما تقلل الطلاء المستعملة في طلاء الطائرات من تأثير عملية الاحتكاك بالهواء.

أساسيات الدهان:

تتكون من بودرة (pigment) تكون عالقة داخل مادة سائلة تسمى وسيط (vehicle) وعندما يدهن بها السطح يتحول هذا الدهان إلى طبقة رقيقة جداً صلبة بمساعدة إحدى الطرق الآتية:

1. الأكسيد: تعمل طبقة صلبة من الدهان باتحادها بأكسجين الجو.
2. التبخر: تعمل طبقة من الثيرموبلاستيك.
3. التسخين: تعمل طبقة من التيرموستينج.

4. التغيرات الكيميائية: تعمل تلاحم بين المواد وبعضها وتكون بذلك طبقة رقيقة سطحية صلبة.

المكونات الأساسية للدهان:

يتكون أي دهان من عدة مكونات أساسية هي:

1. المادة الرابطة (binders):

وهي السائل الرئيسي الذي يكون مسؤولاً عن حمل جميع مكونات الدهان الأخرى، والمادة الرابطة هي التي تحدد نوع الدهان سواءً كان دهان مائي أو زيتي أو سيليلوزي أو كحولي، وتتوقف قيمة الدهان على قيمة المادة الرابطة، كذلك تتوقف جودته على جودة المادة وقدرتها على حل المكونات المختلفة.

2. القواعد الأساسية:

المقصود بها هي البودرة المكونة للدهان والتي تكون مع المادة الحاملة القوام الأساسي للدهان.

3. الأكاسيد الملونة:

وهي التي تعطي للدهان اللون المطلوب وقد تكون هذه الأكاسيد لوناً واحداً أو لونين أو أكثر بشرط التجانس وعدم حدوث تفاعلات كيميائية تؤثر على الدهان.

4. الإضافات المساعدة:

هي المحسنات والمثبتات والمجففات وهي في الحقيقة ذات أهمية قصوى في صناعة الطلاءات ومن أنواعها:

- مواد لمنع الترسيب.
- مواد لمنع تكون القشرة.
- مواد مجففة.
- مواد لزيادة السيولة والتشغيلية (مواد مخففة).

- مواد لإكساب اللمعان.
- مواد لطفي اللمعان.
- مواد لزيادة المرونة.
- مواد مثبتة للدهانات.
- مواد زادة الصلابة.
- مواد زيادة مقاومة المياه.
- مواد زيادة مقاومة الحرارة.
- مواد مقاومة البكتريا والطفيليات.
- مواد زيادة مقاومة صدأ عبوات الصفيح.

وفي ما يلي سيتم شرح هذه المكونات بشيء من التفصيل...

المواد الرابطة:

تعتبر المواد الرابطة من أهم مكونات البويات والدهانات بجميع أنواعها حيث أنها المسؤول الرئيسي عن حمل مكونات الدهان ومسئولة أيضاً عن لصق الدهان بالسطح، وجودة الادة الرابطة هي التي تحدد جودة الدهان.

وللمادة الرابطة عدة أنواع من حيث الحالة المجودة بها سواء كانت سائلة أو صلبة أو بودرة.

والمواد الرابطة إما أن يحدث لها تفاعلات كيميائية أثناء الجفاف مثل ما يحدث في راتنجات الألكيد والإيبوكسي والبولي ريثان أو لا يحدث لها تفاعلات كيماوية حيث يتم جفافها بمجرد تطاير المواد المذيبة مثل الراتنجات الطبيعية مثل السيلولوز والأكريلك.

وتنقسم المواد الرابطة إلى قسمين:

1. الراتنجات الصناعية: وهي التي يتم جفافها عن طريق التفاعلات الكيميائية.
2. الراتنجات الطبيعية: وهي التي يتم جفافها بتطاير المذيبات.

* الراتنجات الصناعية:

1. المواد الرابطة الصناعية من راتنج الألكيد (alked resins):

من أشهر الراتنجات القديمة التي أثبتت كفاءة عالية في صناعة البويات واللاكيهات والدهانات اللامعة والنصف لامعة والمطفية وتستخدم الدهانات المصنوعة من راتنج الألكيد في البويات المنزلية والدهانات الصناعية.

وأنواع راتنج الألكيد هي:

1. راتنج طويل الزيت نسبة الزيت فيه أكثر من 60٪ ويذوب في المذيبات الأليفانية.
2. راتنج متوسط الزيت نسبة الزيت فيه من 45٪ إلى 60٪ ويذوب في الهيدروكربونات.
3. راتنج قصير الزيت نسبة الزيت فيه من 25٪ إلى 40٪ ويذوب في المذيبات العطرية.
4. راتنج عديم الزيت وهو خال من الزيت ويذوب في الكحولات.

والراتنج طويل الزيت نسبة جفافه أعلى من متوسط الزيت وهكذا كذلك امتزاج راتنج طويل الزيت مع الزيوت المغلية يكون بنسبة أعلى من متوسط الزيت وهكذا.

2. راتنجات الإيبوكسي الصناعية epoxy resins:

ظهر راتنج الإيبوكسي في عام 1936 ويتميز بميزات جيدة خاصة في المجال الإنشائي وجميع المهندسين يلمسون ذلك.

والصور التي يوجد بها الإيبوكسي هي:

- مكون واحد مثل الدهانات العادية.
- مكونين عبارة عن مركبين B&A هما المادة السائلة والمصلب(hardener).

- راتنج صلب (بودرة) يتم طلاؤه بطريقة الدهانات الألكتروستاتيكية.

من أهم مميزات الإيبوكسي مقاومته للكيماويات والعوامل الجوية والتآكل وغير ذلك مما سيرد ذكره لاحقاً.

3. راتنج البولي ريثان الصناعي:

- من أقوى وأحسن المواد الرابطة حيث يعطي قوة لصق عالية جداً بالإضافة إلى مقاومة الكيماويات والإحتكاك والصدمات والرطوبة.
- تستخدم الدهانات المصنعة من راتنج البولي ريثان في الدهانات الداخلية والخارجية والأخشاب.
- يدخل راتنج البولي ريثان في صناعة الورنيشات ذات الخواص الممتازة في الحماية من الكيماويات والإحتكاك.
- يوجد من هذه الدهانات والورنيشات مركبات ذات عبوه واحده أو ذات عبوتين كما هو الحال في الإيبوكسي.

4. أنواع أخرى من الراتنجات الصناعية:

يوجد أنواع أخرى من الراتنجات مثل راتنج السيليكون الذي يتميز بتحمله درجات عالية من الحرارة تصل إلى 600 درجة مئوية كما أن له مقاومة جيدة للمياه، كما يوجد نوع آخر هو راتنج البولي إستر المستخدم في الورنيشات بكفاءة عالية، كذلك يوجد راتنج الفينول المناسب لخزانات المياه وعلب الأطعمة لمقاومته للمواد البيلوجية ومقاومته لمياه.

* الراتنجات الطبيعية:

لا يحدث لهذه الراتنجات أي تفاعلات كيماوية أثناء الجفاف ولكن يحدث فقط تطاير للمذيبات أما الراتنجات الصناعية فيتم الجفاف عن طريق التفاعلات الكيماوية، والراتنجات الطبيعية منها ما هو من أصل نباتي ومنها ماهو من أصل حيواني.

من الراتنجات ذات الأصل الحيواني راتنج الشيلاك (الجملاك) والتي تفرزه حشرة اللاك الموجودة في الهند، أما الراتنجات الطبيعية ذات الأصل النباتي فهي متعددة ومنها راتنج القلفونية (الروزين) وراتنج الكوبال، ومن الأنواع الشائعة أيضاً هو السليلوزات وهي أيضاً لا يحدث لها أي تفاعلات كيميائية أثناء الجفاف ولكنه يتم تطاير المواد المذيبة.

أنواع الطلاء:

هناك أنواع عديدة من الطلاءات. ويقسم الكيميائيون أنواع الطلاءات تبعاً لطريقة جفافها. فمثلاً، تجف بعض أنواع الطلاءات ببساطة خلال عملية تبخير المذيب الذي يصحبه تصلب الراتينجات. وهناك أنواع أخرى لاتكوّن طبقة صلبة رقيقة إلا بعد معالجتها بمادة كميائية تُسمّى الحفّاز. وتتسبّب هذه المادة في بدء وإسراع التفاعل المؤدي إلى ارتباط جزيئات الراتينجات بعضها ببعض. ويصاحب هذا التفاعل تبخير غالبية كمية المذيب.

تُقسّم الطلاءات أيضًا حسب طرق استعمالها. فمثلاً، تُستعمل طلاءات الاستعمال المنزلي لزخرفة وحماية المنازل، ومباني المكاتب والأنواع الأخرى من المباني. وتُسْتعمل طلاءات الاستعمال الصناعي لطلاء أنواع مختلفة من المنتجات الاستهلاكية والأجهزة الصناعية.

طلاءات الاستعمال المنزلي. تشمل تلك المستعملة لطلاء الجدران، والسقوف، والأرضيات، والهياكل الخارجية للمنازل.

وأغلب طلاءات الاستعمال المنزلي طلاءات استحلاب أو طلاءات تحتوي على خام المطاط الطبيعي وتعرف باسم الطلاءات اللثية. وقد استُعمل المطاط الطبيعي في الطلاءات المطاطية بوصفه مادة راتينجية وذلك عند بداية استعمال الطلاءات ذات الأساس المائي، أي تلك التي يُستخدم فيها الماء مذيبًا. استُبدل الآن المطاط الطبيعي بأسيتات البولي فينيل أو الأكريليك في هذا النوع من الطلاءات.

تجف طلاءات الاستحلاب عن طريق ارتباط الجزيئات بعضها ببعض. في هذه العملية ترتبط جزيئات الراتينجات بعضها ببعض لتكوّن طبقة رقيقة من الطلاء الجاف. وتحدث عملية الارتباط هذه نتيجة لتبخّر الماء عن سطح الطلاء.

وطلاءات الاستحلاب غير قابلة للاشتعال وليست لها رائحة قوية، ويجف الطلاء ليكوّن طبقة يمكن تنظيفها بسهولة بالماء والصابون. وتستطيع طلاءات الاستحلاب، التي تُستعمل لطلاء الجدران داخل الأبنية، تحمّل تكرار عملية الغسيل، ولكن ليست لها قوة الاحتمال الكافية للأسطح المعرّضة للأحوال الجوية. تذهب الشمس بلون الطلاء، كما تتسبب الريح والمطر والمناخ الشديد الحرارة أو البرودة، في تشققها وتشظيها وانتفاخها وتقشرها. ولذلك، صنعت الطلاءات المستعملة لطلاء الهياكل الخارجية للمنازل بحيث تحتوي على بعض الراتينجات التي تساعد على زيادة مقاومتها للعوامل الجوية.

وأغلب الطلاءات المستعملة لطلاء الهياكل الخارجية للمنازل طلاءات استحلاب. وبعض هذه الطلاءات ذات أساس زيتي، أي أن المذيبات المستعملة بها مشتقة من النفط. ويسْتعمل في هذه الطلاءات زيت بذرة الكتان أو أي نوع آخر من الزيت باعتباره مادة راتينجية. تجف هذه الطلاءات ذات الأساس الزيتي بعملية الأكسدة، حيث ترتبط المادة الراتينجية بالأكسجين الموجود في الهواء لتكوّن طبقة صلبة وذلك بعد تمام تبخر أغلب المذيب. وتحتوي أغلب طلاءات الاستعمال المنزلي ذات الأساس الزيتي على مركّبات خاصة تسرع عملية جفاف الزيت.

وهناك أنواع خاصة من الطلاءات تستعمل لطلاء الأسطح المسامية، مثل أسطح الخشب المكشوف والجص وتُسمىً طلاءات الطلاء المبدئي أو مانعات التسرب أو البطانة. ويكوّن الطلاء المبدئي الطبقة الأولى، ويكون هذا الطلاء الأساس لطبقات أخرى من الطلاء تُطلَى تبَاعاً. وتُصنع طلاءات الطلاء المبدئي بحيث يمكن استعمال الزيت أو الماء مذيبًا.

تُقيِّد العديد من الدول أوتُحَرّم استعمال الطلاءات المحتوية على صبغات الرصاص في طلاءات الاستعمال المنزلي، وتشترط وجود تحذير للخطورة على

الصحة، إذا احتوت الطلاء على كمية من الرصاص أعلى من الحد المسموح به. اتخذت الحكومات هذا القرار بعد ملاحظة أن بعض الأطفال ظهرت عليهم أعراض التسمم بالرصاص نتيجة لابتلاعهم قشور الطلاء الجافة والتي تحتوي على نسبة عالية من الرصاص.

السيارات الجديدة تطلى بطبقة من الطلاء مانع الصدأ. وذلك يغمر هيكلها الخارجي في خزان يحتوي على طلاء مبدئي لمدة ثلاث دقائق يُعاد بعد ذلك معاملتها حرارياً من بوية صناعية فوق الطلاء المبدئي.

طلاءات الاستعمال الصناعي. تُستعمل لطلاء المنتجات الاستهلاكية مثل السيارات والأثاثات والأجهزة المنزلية. وتشمل أيضاً أنواع الطلاءات التي تحمي الآلات والمعدّات الصناعية الأخرى من تأثير الكيميائيات، والصدأ، ودرجات الحرارة المرتفعة. كما تتوافر بعض أنواع طلاءات الاستعمال الصناعي مثل الصّبغات والطلاءات المبدئية لبعض الاستعمالات المنزلية.

يقوم أغلب منتجي السيارات بطلاء سياراتهم بطلاءات تحتوي على راتينجات إكريليكية، تُجفّف بمعالجتها حرارياً، كما تحتوي العديد من معدّات المطابخ وآلات غسل الملابس على طبقة نهائية من الطلاء المعالجة حرارياً. وينتج عن مثل هذه المعاملات طبقة من الطلاء في غاية الصّلابة، مقاومة للكيميائيات، لايذهب لونها بسهولة.

ويستعمل منتجو الأثاثات الخشبية صبغات الأخشاب لطلاء منتجاتهم، وتتميز هذه الصبغات بأنها عالية الشفافية، وتذوب في مذيبات تمكّن الصبغة من أن تتخلّل الألياف الخشبية أكثر من قابليتها للالتصاق بالسطح. وتُغَمِّق هذه الصبغات لون الخشب إلا أنها شفافة وتسمح للمظهر الطبيعي للألياف الخشبية من الظهور خلالها.

يطلي منتجو الأثاثات الخشبية، الأثاث بعد صَبْغِه بطبقة نهائية، حامية، لامعة، مُصَنَّعة من مواد سليلوزية أو طلاءات مُصنَّعة من اللاك المصفى (الشيلاك). مثل هذه الطلاءات تجف بتبخر المذيب، أي أن هذه المواد الراتينجية تتصلّب بتبخر

المذيب مُكوِّنة طبقة صلبة من الطلاء. تجفّ هذه الطلاءات بسرعة معطيةً سطحاً لامعاً، ومن الممكن إعادة إذابتها بعد جفافها باستعمال المذيبات الأصلية نفسها التي استعملت حاملاً للطلاء. تطلى بعض المنتجات الخشبية بدهانات نهائية تُعْطي صفات النعومة والشفافية واللمعان (ورنيش). وهذه الطلاءات ذات أساس زيتي وتجف خلال عملية الأكسدة.

ويصدأ الحديد والفولاذ إذا تعرّضا إلى الرّطوبة والأكسجين. ولهذا السبب، تُطلى العديد من المنتجات المصنّعة من الحديد أو الفولاذ بطلاء مبدئي مانع للصّدأ تتبعه طبقات من الطلاء النهائي. وتحتوي الطلاءات المبدئية للفلزات على نسبة عالية من صبغات مقاومة للصّدأ. وتتكون بعض هذه الطلاءات من مواد تخترق الصّدأ وتطرد الأكسجين والرطوبة. وتغطي طبقات الطلاء النهائية الطلاء المبدئي وتُحكِم عزله عن العوامل الخارجية. وعموماً، يحمي الطلاء المبدئي الفلز ويحافظ الطلاء النّهائي على الطلاء المبدئي. وتُغطّى بعض المنتجات المعدنية بطلاءات أو دهان لامع يسمى الطلي بالمينا (طلاء زجاجي)، وتحتوي هذه على راتينجات الكِيديِّة التي تجفّ عن طريق الأكسدة.

وتستخدم معظم الطلاءات التي تدوم طويلاً، عادة في طلاء الآلات والمعدّات الصّناعية. هذه الطلاءات تتكون أساساً من راتينجات الأيبوكسي، وراتينجات البولي يوريثان، وتجف هذه الطلاءات نتيجةً لتفاعل كيميائي. وتستعمل للحماية من التآكل، والماء، والمذيبات، والمواد الكيميائية القوية. فمثلاً تستعمل الصناعة الكيميائية عدداً من هذه الطلاءات لوقاية جدران الأنابيب والخزانات التي تُستعمل لتخزين أو نقل المواد الكيميائية المدمِّرة. وأُنتِجَت أيضًا طلاءات خاصّة مقاومَة للحرارة لدهان الطائرات فائقة السرعة، ومَرْكبَات الفضاء. تتحمل المعدات المستعملة في بعض هذه الطلاءات المصنّعة خصيصا درجة حرارة تبلغ 650°م.

أقسام الطلاء:

تقسم الدهانات إلى الأقسام التالية:

- الدهانات المعمارية.

- الدهانات الصناعية.
- الدهانات العازلة.

طلاءات الزيتية (ورنيشات السنتيك):

يوجد من طلاءات السنتيك عدة أنواع معتمدة على نوع الزيوت ونوع الراتنج، بحيث الزيت يحدد الصلابة للورنيش أما الراتنج فيحدد اللمعان والبريق.

وتنقسم الطلاءات الزيتية إلى:

أ. طلاءات طويلة الزيوت: وهي التي تكون نسبة الزيوت بها أكبر من الراتنج لذلك تكون بطيئة الجفاف ولكن تكون طبقة قوية ومرنة ولكن مقاومتها للرطوبة ضعيفة.

ب. طلاءات متوسطة الزيوت: وتكون نسبة الراتنج والزيوت متقاربة وتكون أسرع في الجفاف من النوع السابق وذات مقاومة متوسطة الرطوبة.

ج. طلاءات قصيرة الزيوت: وتكون نسبة الراتنج فيها أكبر من الزيوت وبالتالي تكون سريعة جدا في الجفاف ولمعانها كبير ومانعة للرطوبة بدرجة جيدة ولكنها تكون فيلما غير مرنا.

د. طلاءات الكحولية: تتكون طلاءات الكحولية من الجملكة المذابة في الكحول مسببة تفاعلا يسمى أستره، لذلك سمي هذا النوع بالأستر وعند الدهان يتبخر الكحول وتتبقى الجملكة مكونة فيلما رقيقا، تمتاز هذه طلاءات بالشفافية واللمعان كما أنها عازلة للكهرباء ومقاومة للعوامل الجوية والشمس.

وللجملكة استخدامات متعددة مثل صناعة البويات والعطور وكعازل مائي وعازل كهربائي وكمادة لاصقة.

وللجملكة أيضاً عدة ألوان منها الأحمر والبرتقالي والذهبي (الأشقر)، كما يمكن تحويل الجملكة إلى جملكة بيضاء بإذابتها في الكحول الأبيض وتستخدم في تلميع الأخشاب حسب أنواعها ولونها مع استخدام النوع المناسب لكل نوع.

طلاءات المائية:

تعتبر طلاءات المائية من أحدث أنواع طلاءات وتسمى في بعض الأحيان بالبولش المائي، وله استخدامات عديدة كحماية الدهانات المائية مثل البلاستيك والكوارتز والجرانيوليت، ولحماية الواجهات المختلفة.

ويدخل في تركيبه مواد مختلفة مثل:

البولي فينيل أسيتات أو أكليرات أو استرين اكليريك مع مواد مثل (كاربوكسي ميثيل سليلوز أو هيدروكس ميثيل سليلوز) والذي يضاف للماء بنسبة 1٪ ثم تضاف المادة الحافظة.

طلاءات السليلوزية:

وهي طلاءات المعتمدة على التنروسليلوز والمادة المتطايرة (التنر)، وله استخدامات كبيرة في المجالات الصناعية مثل السيارات والأثاث، كما يستخدم فوق الدهانات بالدوكو، وعند استخدام الورنيش السليلوزي للأخشاب يجب أن يتم ملئ المسام بالسيلر السليولوزي ثم الصنفرة الجيدة ثم دهان الورنيش.

طلاءات الشمعية:

وتختلف أنواع طلاءات الشمعية بحسب مجالات استخدامها فمنها أنواع تستخدم...

1. لطلاء الأثاث.
2. لطلاء الأرضيات الخشبية.
3. لتلميع السيارات.
4. للجلود.
5. للرخام والموزاييك.

ويتكون الدهان الشمعي من شمع وسائل مذيب وراتنج ومكونات خاصة.

ويجهز الورنيش الشمعي المستخدم للأثاث والأخشاب كالآتي:

- بإحضار كمية من الراتنج يتم تسخينها وإضافة المذيب إليها بحرص ثم تقليبها حتى يتم الذوبان.
- ثم يتم تكسير وتقطيع الشمع إلى قطع صغيرة.
- ثم يوضع الشمع في حمام مائي.
- وأثناء ذوبان الشمع يضاف الراتنج ويتم تهدئة النار، وإذا أريد تلوين الشمع تضاف المادة الملونة المذابة في المذيب المناسب لها، ثم يقلب بهدوء برفع الإناء عن النار ويترك ليبرد.

النسب المقترحة للورنيش الشمعي:

جزء شمع عسل، جزء شمع اللك، 8\1 جزء قلفونية، 7 جزء نفط معدني.

الدهانات وطلاءات الصناعية:

الدهانات الصناعية تتحمل عبء كبير في حماية المنتجات المختلفة مع توفير الشكل الجمالي لها، لذلك تعتبر الدهانات الصناعية من أهم وأخطر أنواع الدهانات على وجه العموم.

استخدامات الدهانات الصناعية:

1. في لوازم العمارة وأدوات الديكور والأثاث.
2. في وسائل النقل كالطائرات والحافلات.
3. في الأدوات الكهربائية كلوحات التوزيع والكشافات.
4. في الأجهزة المنزلية كالثلاجات والغسالات.

الخطوات الواجب اتباعها قبل البدء في الدهانات:

1. دراسة نوع وحالة الأسطح المراد طلائها.
2. دراسة نوع الدهان المناسب للاستخدام المناسب.
3. دراسة المعالجات المطلوبة للسطح.
4. دراسة التجهيزات والمعاجين اللازمة قبل الطلاء.
5. توفير الحماية اللازمة للدهان.

أنواع الدهانات الصناعية:

1. الدهانات الالكتروستاتيكية.
2. الدهانات بالمينا.
3. الدهانات الايبوكسية.
4. الدهانات الصدفية.
5. الدهانات النترو سليلوز.
6. الدهانات البحرية.
7. دهانات الجلود
8. دهان الشدات الخشبية والمعدنية.
9. الدهانات الحرارية.

الدهانات الالكتروستاتيك:

الدهانات الصناعية هي الغطاء الخاص للمنتج ضد أي تأثير خارجي من أي أنواع وعندما يكتمل المنتج الحماية من هذة التأثيرات بجانب الناحية الجمالية التي تريح العين نكون قد وصلنا إلى أعلى درجات الكفاءة والجودة والشكل الممتاز.

ومن أكفأ أنواع الدهانات التي تعطي المضمون السابق هي الدهانات ببودرة البلاستيك آو بما يسمى بالالكتروستاتيك.

استخداماته:

1. تلوين الألومنيوم.
2. ونقيس على ذلك الثلاجات والغسالات والكراسي والأدوات الكهربائية وهياكل السيارات وأدوات الديكور وإكسسوار الموبيليا والمقابض ومستلزمات مصانع الأدوية من ترابيزات وأدوات وقطع غيار السيارات والأثاثات المعدنية.

فكرة الالكتروستاتيك:

- عند البدء في استخدام الدهانات كان يتم استخدام الفرشاة ثم الرولة، ثم اتجه الكثير إلى استخدام طريقة الدهان بالرش بواسطة الكمبروسور لسرعة

الإنجاز وسهولة العمل، ولكن وجد أن هناك مشكلة الفاقد الكبير الذي يصل إلى اكثر من 70 ٪. ومن هنا بدء التفكير في إيجاد حل بهذا الفاقد الكبير الذي يصل إلى 70٪.

- فمن هنا تم اختراع الدهانات بطريقة الالكتروستاتيك حيث يتم عمل مجال كهربائي تكون المشغولة او الجزء المراد دهانه كقطب وبودرة الدهان الالكتروستاتيك كقطب آخر ويكون الرش بمسدسات خاصة لا هوائية خاصة لهذا الغرض.
- يتم الدهان داخل كابينة خاصة بمقاسات معينة.
- ثم توضع المشغولات داخل أفران خاصة لإتمام عملية التجفيف.
- يمكن أن يتم دهان بعض الأجزاء الغير هامة أو الداخلية أو التي لا يمكن رشها بأن تغمر في أحواض خاصة ويكون ذلك بالبوية السائلة.

والجدول التالي يوضح الفرق بين الدهان ببودرة البلاستيك والدهان بالبوية السائلة الالكتروستاتيكية...

بودرة البلاستيك البوية السائلة الالكتروستاتيكية.

زمن تجفيف البودرة 10 دقائق 20 دقيقة.

درجة حرارة التجفيف ordm&200 م ordm&180م.

سمك الدهان من 50 إلى 60 ميكرون 15 ميكرون.

الإضافات الدهان يتم بدون أي إضافات يخفف بالتنر بنسبة 50٪.

وبالمقارنة نلاحظ أن الدهان ببودرة البلاستيك أرخص بحوالي 10٪ من الدهان بالبوية السائلة.

أنواع بودرة البلاستيك:

1. بودرة الإيبوكسي.
2. بودرة البولي إستير.
3. بودرة الإيبوكسي البولي إستر.
4. بودرة البولي ريثان.

ويتوفر لهذا النوع حوالي 70 لون بأرقام عالمية، ويوجد منها نوعان ولكل نوع استخدامات معينة هما:

- الدهان الناعم الأملس.
- الدهان المحبب.

الدهانات بالمينا:

هو عبارة عن طلاء زجاجي لحماية المعادن والأجهزة المختلفة من الصدأ والعوامل الجوية والمواد الكيماوية ويستخدم هذا الطلاء في الأجهزة المنزلية كالسخانات والبوتاجازات والثلاجات والغسالات وفي المواد المعمارية مثل البانيوهات والمقابض والأدوات الكهربائية ولوحات التوزيع.

ويتحمل هذا الطلاء درجات الحرارة العالية كما أن لها رونق ولمعان دائم..... وكما يستخدم في الغلايات والأجهزة التي تتعرض لدرجات حرارة عالية.

الدهانات الإيبوكسية:

الإيبوكسي من المواد الحديثة التي تستخدم في مجالات كثيرة والتي يمكننا تطوير استخداماتها في مجالات جديدة، كما أن للإيبوكسي عدة أنواع مختلفة.

الإيبوكسي مكون من مركبين:

- المركب الرزين.
- المركب المصلب.

طريقة الدهان:

1. الدهان بالفرشاة.
2. الدهان بالروله الصلبة.
3. الدهان الايبوكسي بالمسدس اللاهوائي.

الإحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال الإيبوكسي:

نظراً لأن الإيبوكسي له فترة تصلب تتراوح من ساعة إلى ساعة ونصف وهو كما أوضحنا مكون من مركبين يتم خلطهما بالشنيور المركب عليه ريشة طولها من 30 إلى 40 سم في نهايتها قرص دائري قطره 15 سم به 4 فتحات دائرية قطر الواحدة 4 سم، فإنه يتم اتخاذ الإحتياطات التالية:

1. تنظيف السطح بالكمبروسور وإزالة الأتربة.
2. تهوية المكان قبل الإستخدام.
3. يرتدي العاملين القفازات مع الكمامات نظراً لحدوث بعض الغازات نتيجة التفاعلات الكيماوية.
4. تنظيف الأدوات أولاً بأول بالتنر.
5. خلط المركبين بالشنيور الموضع عليه بالنسب الموضحة على العبوات وحسب الشركة المنتجة.
6. تجهيز كمية مناسبة لطاقة العمل خلال ساعة من عمل تجهيزات السطح قبل خلط المركبين.
7. فقل العلب أولاً بأول بعد أخذ الكميات المناسبة لعدم تعرضها للتلف مع حفظها في درجات حرارة عادية.
8. التأكد من تاريخ الإنتاج بحيث لا تتعدى 9 أشهر.
9. عدم التدخين أثناء العمل.
10. إذا تعرضت العين للإيبوكسي تغسل جيداً بالماء لمدة 10 دقائق ثم تعرض على الطبيب.
11. إذا تعرض الجلد للإيبوكسي يغسل بالماء والصابون ثم تعرض على الطبيب.

المونة الإيبوكسية:

يتم صنعها بإضافة مواد مالئة معينة مثل الكوارتز إلى الإيبوكسي الشفاف أو الملون مع التقليب الجيد، يمكن استخدام هذه المونة في مجالات عديدة، مثل:

- ترميم الأعمدة والممرات والأسقف.
- عمل أرضيات للمصانع والكراجات والمطارات.
- مونة لاصقة للسيراميك.
- ملئ عراميس السيراميك بها.
- تستخدم في الدرج.

استخدام الإيبوكسي في الدرج:

يتم عمل الدرج الخرساني بالإضافات الخاصة بتقوية الخرسانة مع تنعيم السطح جيدا ويتم فرد المونة الايبوكسية على سطح السابق وبعد 8 ساعات يتم دهان الوجه الأول من الدهان الايبوكسي باللون المطلوب ويتم دهان الوجه الثاني بعد 8 ساعات أخرى.

كيف تصنع الطلاء:

كيف تصنع الطلاء تصنع الطلاء بخلط مسحوق الصبغة الملونة بسائل (وسيلة حمل) يحتوي على واحد أو أكثر من المواد الراتينجية ومذيب. وتخلط كل من الصبغة وسائل الحمل ليكونا عجينة ناعمة وذلك نتيجة عملية التقليب المستمر الذي تحدثه كرات من الفولاذ موجودة في مطحن أسطواني. وتضخ العجينة من المطحن أثناء الغربلة وتصفى. ويدرج اللون في خزان الانتظار بإضافة عجينة صبغة اللون المطلوب ثم تخفف بالمذيب. وترشح الطلاء بعد الاختبارات النهائية وتصب في العبوات تمهيدا لشحنها.

تُنتج جميع أنواع الطلاءات تبعاً لعمليات صناعية متماثلة. وتتكون الخطوات الأساسية لهذه العمليات من:

1. الطحن.
2. الغربلة.
3. تدريج الألوان.
4. التخفيف والترفيع.

الطحن: تختلف الكمية المعّدة في عملية واحدة من الطلاءات في الحجم، وكثير منها يصل إلى 5,700 لتر. ولإنتاج الكمية المعدة يقوم الصنّاع أولاً بتعبئة الكمية اللازمة من الصبغة، والمادة الراتينجية، والسوائل المختلفة اللازمة في مطاحن أسطوانية. والمطحن الأسطواني أسطوانة ضخمة مجوّفة مصنوعة من الفولاذ يمكن إدارتها حول نفسها. تملأ المطاحن المُستعملة لطحن الطلاءات المبدئية أو الصبغات الداكنة، جزئيا بكرات من الفولاذ قطر الواحدة منها 6,1سم. وتحتوي المطاحن المستعملة لإنتاج الألوان الفاتحة على كرات فخارية قطرها حوالي 5,3سم، وتسمى هذه الكرات الوسط الطاحن. فعند إدارة الطاحونة ترتطم الكرات المكوِّنة للوسط الطاحن بعضها ببعض بعنف مما يؤدي إلي طحن وعجن الصبغة الموجودة بين هذه الكرات. وتدور أغلب المطاحن الأسطوانية حوالي 16 دوره في الدقيقة. وتبعاً لنوع الطاحونة المستعملة ـ تستغرق عملية الطحن والعجن حوالي 24 ساعة، حتى يتم طحن الصبغة إلى عجينة على المستوى المطلوب.

تقدّمت صناعة الطلاء نتيجة لتصنيع مطاحن للصّبغات ذات سرعات عالية، يتم فيها قذف كرات أو شظايا زجاجية دقيقة بسرعة فائقة داخل الصبغة.

تستطيع مثل هذه المطاحن ضمان استمرارية إنتاج صبغات مطحونة على درجة عالية من النعومة، كما تستطيع الإنتاج على دفعات.

عملية ملء العبوات بالطلاء تتم آليًا. تستطيع هذه الآلة ملء وتغطية 90 عبوة سعة كل عبوة 3,8 لترًا في الدقيقة. وبعد تثبيت المقابض تصبح العبوات جاهرة للشحن.

الغربلة: بعد تمام طحن الصبغة، تُضاف كمية أخرى من المادة الراتينجية إلى العجينة الموجودة في الطاحونة، كما تضاف كمية قليلة من المذيب. ويُنعَّم المعجون الناتج حينئذ وذلك بضخه إلى خارج الطاحونة خلال مصفاة ومن ثمّ إلى خزّان الانتظار.

تدريج الألوان: وتُسمَّى أيضًا عملية ضبط اللون. ومن المحتمل أن تكون هذه العملية أكثر الخطوات حَرَجاً في إنتاج الطلاء. يقارن الصّانع في هذه العملية،

عينات من المزيج الموجود في الخزان النّهائي بألوان قياسية مُحْتَفَظ بها. وقد تضاف حينئذ كميات قليلة بما يسمى معجون تدريج اللون، وذلك لضبط لون الخلطة على اللّون القياسي. وتتكون معاجين تدريج الألوان من توليفات عالية التركيز لمسحوق الصبغات وسوائل الحمل. وفي كثير من الأحيان، تُضاف أنواع عديدة من معاجين تدرُّج الألوان إلى الخلطة حتى يمكن مضاهاة اللون الناتج باللون القياسي.

التخفيف: بعد تمام ضبط لون الخلطة إلى الدرجة المطلوبة في المواصفات، تُخَفَّف وتُرفَّع إلى درجة اللزوجة (الكثافة) المطلوبة وذلك بإضافة كميات محدَّدة من المذيب. ترشّح الطلاء حينئذ وتُعبأ في العبوات تمهيداً لشحنها.

القواعد الأساسية للدهانات:

- هي المساحيق الأساسية التي تكون مع المواد الرابطة القوام الرئيسي للدهانات.
- من أشهر هذه القواعد الأسبيداج (كربونات الكالسيوم) والليثون (الزنك) وأكسيد التيتانيوم والجير.
- تخلو الدهانات الشفافة من القواعد الأساسية حيث تقلل من شفافيتها مثل الدهانات السليلوزية الشفافة ودهانات الأستر والورنيشات السنتاتيك وورنيشات التلميع.

وفي ما يلي شرح لبعض أنواع هذه القواعد الأساسية:

1. الأسبيداج (كربونات الكالسيوم):

- هو من أشهر القواعد البيضاء الرخيصة الثمن التي تدخل في دهانات الغراء والبلاستيك واللاكيه والمعاجين.
- يضاف أيضاً الأسبيداج إلى الليثون (الزنك) وأكسيد التيتانيوم لتكوين قاعدة بيضاء في الدهانات المائية الجيدة.
- تتوقف جودة الأسبيداج على جودة الحجر الجيري وجودة طحينه.
- لإنتاج الأسبيداج يتم تكسير الحجر الجيري في كسارات خاصة ثم يتم طحنه في طواحين إلكترونية للحصول على درجة نعومة عالية.
- الأسبيداج غير سام.

2. الليثيبون (الزنك):

- هو مسحوق أبيض ناعم ودهني الملمس يلتصق باليد جيداً ولا يزال بسهولة.
- يعطي قوة تغطية عالية للدهانات وله مقاومة للإحتكاك وللعوامل الجوية وهو غير سام.
- يقبل الليثون الذوبان في جميع السوائل والملونات.
- يتكون الليثون من كبريتور الزنك بنسبة من 28٪ إلى 30٪ مع كبريتات الباريوم.
- يستخدم الليثون في تأسيس البويات السنتاكية والسليلوزية وكذلك في المعاجين المختلفة.

3. الأكاسيد الملونة:

- هي مساحيق بودرة تضاف للقواعد الأساسية السابق ذكرها لإكسابها لون معين وقد يستخدم نوع واحد أو نوعين من الأكاسيد الملونة بشرط عدم حدوث تفاعل بين الأكاسيد وبعضها.
- في حالة الدهانات الشفافة أو البيضاء التي تقوم القواعد الأساسية بدور الملونات لا تحتاج في هذه الحالة إلى أي ملونات.

أنواع الأكاسيد الملونة:

1. أكاسيد رخيصة مثل الأسبيداج والطينة البيضاء والأحمر الزنجفري الطبيعي وأصفر تراسينة وأسود الجرافيت وبني المنجنيز.
2. أكاسيد كيماوية مثل الليثيبون وكبريتات الباريوم.
3. أكاسيد حيوانية مثل الأحمر اللعلي وأحمر الجملكة وأسود العظام وبني العظام.
4. الأكاسيد الحرارية مثل الجير السلطاني.
5. الأكاسيد النباتية مثل أسود الفحم والأزرق الهندي والأحر الزنجفري الصناعي وأحمر الكاديوم والأخضر النباتي.

الإضافات المساعدة:

وهي المواد التي تضاف لتحسين خواص الدهانات والبويات وأهمها:

1. المواد الحافظة وهي تمنع تكوين الكائنات الحية والطفيليات خاصة في الدهانات المائية.
2. المواد المجففة وهي التي تساعد على جفاف طبقة الدهانات الزيتية، ومن أنواعها الكوبلت والمنجنيز والرصاص والحديد والكالسيوم وهي تضاف بنسبة 0.005٪ إلى 1٪.
3. مواد لمنع تكون القشرة.
4. المواد المانعة للترسيب: وهي من أهم المواد في صناعة الدهانات حيث أن ترسيب القواعد الأساسية يغير من تغطية الدهان وفي بعض الأحيان يصعب التقليب فتطفو السوائل على السطح. ومن أهم المواد المانعة للترسيب في الدهانات السيليلوزات والبنتونيت والشمع وكربونات الكالسيوم المعالج أسطح حبيباته بحمض الإستاريك.
5. مواد منع الرغوة، تحدث ظاهرة الرغوة في الدهانات المائية وهي غير مستحبة.
6. مواد وقف الحرائق مثل فوسفات السيلكون وفوسفات التيتانيوم والإسبستوس.

4. زيت بذرة الكتان المغلي:

1. يستخرج هذا الزيت من بذور الكتان عن طريق كبس البذرة في مكابس هيدروليكية (عصارات) في درجات حرارة معينة والمتبقي هو كثب الزيت.
2. خواص زيت بذرة الكتان المغلي:
   - الوزن النوعي عند درجة 15.5 درجة مئوية هو حوالي 0.934.
   - معامل الإنكسار عند درجة 20 درجة مئوية هو 1.482.
3. يمكن معرفة الزيت الجيد بوضع كمية على راحة اليد ثم تفرك ويتم معرفة رائحة الزيت من روائح المواد الغريبة.

4. يستخدم زيت بذرة الكتان المغلي في العديد من أنواع الدهانات والمعاجين والورنيشات.

5. المذيبات:

هي مواد عضوية متطايرة تستخدم لإذابة الراتنجات ولتقليل اللزوجة في البويات والورنيشات ومن أمثلة المذيبات ما يلي:

1) التربنتين:

- يستعمل كمخفف ومجفف في الدهانات والورنيشات كما يضاف إلى الشمع لتلميع الموبيليا.
- يستخدم أيضاً مع الليثيبون وزيت بذرة الكتان المغلي في عمل البطانات للحوائط والأخشاب.
- يمكن التأكد من جودته بوضع كمية قليلة في زجاجة وترج جيداً فإذا تلاشت الفقاعات بسرعة كان جيداً.

2) النفط المعدني:

يستخدم بدلاً من التربنتين الطبيعي لغلو ثمن الأخير، يستخدم أيضاً كمخفف ومجفف، كما يستخدم لتنظيف الفرش والبروشات، كما يستخدم مع الليثيبون وزيت بذرة الكتان المغلي في عمل البطانات للحوائط والأخشاب.

3) الكحولات:

تستخدم الكحولات بأنواعها المختلفة كمواد مذيبة مثل الكحول الإيثيلي الأحمر المستخدم في الوقود وفي إذابة الجملكة وكحول البيوتيل الذي يستخدم لإذابة الراتنجات والصلبة في بويات الأفران وكحولات الأميل التي تستخدم في خلات الأميل التي تذيب البويات السلبولوزية والكحولات سريعة الإشتعال.

4) الكيتونات:

هي مركبات كيماوية ومتطايرة ذات رائحة مميزة مثل الأسيتون الذي يستخدم كمذيب في الورنيشات والبويات السليولوزية كما أنه يذيب الجملكة والقلفونية ولكنه سريع الإشتعال.

6. الملدنات:

هي مواد مساعدة تضاف إلى الدهانات لتعطي مرونة في سطح الدهان وتقلل من الصلابة وتزيد من قوة الإلتصاق وتزيد اللمعان.

وتستخدم الملدنات على وجه الخصوص في الدهانات والورنيشات السليولوزية ومن أهم الأنواع التراي فينيل فوسفات.

أهم عناصر مواد الدهانات:

الجدول التالي يوض أهم عناصر مواد الدهانات واستعمالاتها...

اسم المادة بالعربية	اسم المادة بالإنجليزية	أنواع المادة واستعمالاتها
زيت بذرة الكتان	Linseed Oil	1. زيت ني. 2. زيت مغلي أو مستوي. لإذابة مساحيق الأساس فيها.
زيت تونج	Tung Oil	
زيت صويا	Soya Oil	
أبيض الزنك	Zinc Pigment	وهو أكسيد الزنك وينقسم إلى: 1. زنك عادي(فيه 50٪زنك). 2. زنك غني(فيه 75- 95٪ زنك). وهو مادة مالئة لإعطاء قوام للبوية مثا الزنك الفرنسي أو الصيني.
الإسبيداج	White Lead	مادة مالئة كمسحوق أساس لإعطاء قوام للبوية وهو أبيض الرصاص أو كربونات الرصاص ويستعمل في الدهانات الخارجية والمعجون
الترابنتين	Turpentine	مذيب ومخفف للبوية

اسم المادة بالعربية	اسم المادة بالإنجليزية	أنواع المادة واستعمالاتها
النفط	Naphta	1. نباتي: ناتج تقطير الصمغ. 2. معدني:ناتج تقطير البترول.
الورنيش	Varnish	يسرعةجفاف البويةو تكوين طبقة رقيقة صلبة.
الشمع الأصفر(العسلي)		1. طبيعي. 2. صناعي. يساعد على سرعة جفاف البوية.
خرزالغراء		1. سائب. 2. مواد خاصة يستعمل في عمل معجون البوية وتحضير بعض البويات.
الجملاكة والكحول	& Shellac Alcohol	من أنواع الشمع ويستعمل لمعالجة عقد الأخشاب لكي لا تخرج عصارات الأخشاب الصمغية من خلالها وكذلك لدهان الأخشاب نفسها.
البوتاس	Potassium	لتجليخ وإزالة البوية القديمة.
الصودا الكاوية	Soda	لتجليخ وإزالة البوية القديمة
الشبه	Alum	لتثبيت بعض البويات.
السلاقون	Red Lead	وهو أكسيد الرصاص الأحمر ويستعمل لدهان المواد القابلة للصدأ مثل الحديد وخلافه.
الصابون الأسود والصابون البودرة	Black soap & Detergent	1. نباتي. الألوان (تراسينا) 2. معدني مثل أكسيد الحديد الأحمر أو الأصفر أو الأسود وهي المواد الملونة للبوية. لتجليخ وتنظيف السطح المراد دهانه بالبوية.

تستخرج الجملاكة من انتاج عش خنافس لاك التي تعيش على أفرع الأشجار بأعداد كبيرة وتتغذى على عصاراتها.

تحضير السطح للدهان وطبقات الدهان:

1. الظروف المناسبة للطلاء.
2. تحضير السطح للدهان.
3. طبقات الدهان.

1) الظروف المناسبة لطلاء الدهان:

- درجة الحرارة والرطوبة: هي درجة الحرارة التي تتكاثف عندها الرطوبة الجوية
- رطوبة السطح: تتأثر قوة الالتصاق وسرعة الجفاف إذا طلي الدهان على سطح مبلل.
- التلوث الجوي: قد تتسبب الأبخرة بتأخر الجفاف أو تسبب تغير الألوان للدهانات
- حركة الهواء والرياح: تساعد حركة الهواء المعتدلة على سرعة الجفاف وهي مهمة لإزالة أبخرة المواد المذيبة
- العوامل الفصلية: من الممكن أن تفرض تغيرات الطقس بعض القيود على عملية طلاء الدهانات

2) تحضير السطح للدهان:

لابد لتحضير السطح المراد دهانه بالبويات أن نقوم بتنظيفه لإزالة الأوساخ والأتربة العالقة به وبعد ذلك صنفرته ثم معجنته ثم صنفرته مرة أخرى لتنعيمه وسد مسامه ثم تيظيفه وتجفيفه كي تتوالى طبقات الدهان فوق بعضها مثل طبقة الوجه التحضيري يليها وجه البطانة ثم الوجه النهائي. والإختيار المناسب في طبقات البوية يعتمد أساساً على إستعمالاتها إما داخل المباني أو خارجها. وعموماً فلا يجب دهان أي طبقة من طبقات الدهان الثلاث المذكورة إلا بعد جفاف كل وجه وتمام تصلبه ثم صنفرته بالصنفرة وتنظيفه ثم معجنته لملئ مسام سطحه ثم

تركه يجف ثم يصنفر مرةً أخرى وينظف وبعد ذلك يكون السطح جاهزاً لإستقبال طبقة البوية التالية المطلوبة.

تصنف المواد التي تطلى عادة إلى:

- مواد ماصه جدا: الألواح العازلة للصوت – الورق والالياف – الواح الجبس.
- مواد ماصه: الخشب – ألواح رقائف الخشب.
- مواد غير ماصه: الزجاج، البلاط والقرميد الملمع – اللدائن او البلاستيك-البلوسترين الممدد.
- الأسطح النشطه كيميائيا: البلاستر الجبسي – الصوف الخشبي – ألواح المقاومة للحريق.
- المواد القابلة للتآكل: المعادن الحديديه – الجبس الجيري – طوب البناء – الاسمنج الزجاجي المقوى- الرقائق المعدنيه- المعادن اللا حديديه.
- الاسطح النازفه (المواد البطيئه الجفاف): الاسطح المطليه او الممزوجه بالقار او زيوت قار الفحم أو بالزيوت المعدنيه والشح.
- الاسطح او الدهانات: التي تحتوي على صبغ معين احمر او أصباغ عادية.

3) طبقات الدهان:

تدهن البوية عادةً على الأسطح المراد دهانها على طبقات متتالية وهي تتكون عادةً من الأوجه الآتية:

1. وجه تحضيري:

وقد يسمى البادي وهو طبقة الدهان الأولى على السطح المراد دهانه فيجب أن تكون مناسبة وسهلة الإلتصاق بالسطح. كما يجب أن تقبل هذه الطبقة فوقها طبقات دهان أخرى. والوجه التحضيري يجب أن يناسب الإحتياجات الآتية:

- النفاذ في الأسطح المسامية كما في حالة دهان الخشب والبياض.
- منع الصدأ كما في حالة دهان المعادن.

- يغطي الأسطح النشطة كيميائياً بإحكام كما في حالة بياض التخشين الجديد.
- مقاومة الحرارة.

وقد يستعمل الوجه التحضيري من طبقتين في حالة إستعمال البويات المخلوطة يدوياً نظراً لعدم تغطيتها الأسطح جيداً مثل دهان بوية سلاقون على المعادن أو الخشب ثم تغطيتها ببوية أخرى.

2. **وجه البطانة:**

وهي طبقة الدهان الثانية على السطح المراد دهانه. فيجب على هذه الطبقة أن تغطي وتعتم طبقة الدهان الأولى التي تحتها مع الإرتباط بها لتكوين سمك رقيق مناسب كما يجب أن تكون بنفس لون الوجه النهائي المطلوب.

3. **وجه نهائي:**

وهي الطبقة الأخيرة للدهان فوق السطح المراد دهانه وتعمل باللون المطلوب مع إنهائها بدون أثر للفرشة، واختيار الألوان النهائية متعددة فإما أن تكون مطفي أو زيت أو لميع أو أنامل. فمثلاً بوية الزيت اللميعة تعيش مدة أطول في الأسطح الخارجية للمباني عن البوية المطفية، أما درجة لمعانها وبريقها فيمكن التحكم في اختيارها.

ونظراً لكثرة إستعمال البويات ذات الخلط اليدوي في مصر فقد جرت العادة على وضع مواصفات خاصة للدهانات بالبويات في تشييد المباني تشمل ثلاثة أوجه بخلاف الوجه التحضيري والذي يكون في هذه الحالة مكون من وجهين بوية السلاقون ويليها بوية بلون فاتح.

المعجون:

وتوجد منه أنواع كثيرة نذكر الشائع منها كالآتي:

1. **معجون غراء:**

يستعمل لسد اللحامات ومعالجة العيوب للأسطح المراد دهانها أثناء الوجه التحضيري ويتكون من:

1 جزء غراء.

2 جزء ماء.

7 أجزاء أسبيداج ولون.

2. **معجون أندويل:**

وقد يسمى معجون تلقيط، ويستعمل لسد اللحامات ومعالجة العيوب للأسطح المراد دهانها أثناء بطانة البوية وتتكون نسبته من:

4 جزء أسبيداج.

2 جزء أبيض الزنك.

2 جزء غراء.

2 جزء زيت بذرة الكتان.

2 جزء لون.

3. **معجون الأبوكسي:**

ويستحضر في المصانع من المواد الشمعية الصاعية وله خاصية شدة المقاومة للرطوبة والعاومل الجوية ويباع عادة في الأسواق في أنابيب أو علب مختلفة الأحجام.

ولذلك يستعمل عادة في سد اللحامات ومعالجة العيوب في الأماكن التي تكثر فيها المياه مثل الفاصل بين البانيو والحائط في الحمامات.

ألوان الدهانات وتأثيرها النفسي:

اختيار الألوان:

- قواعد اختيار الألوان من الأشياء المهمة سواءً كان للمهندس أو لصاحب الشقة أو العمارة ويمكن أن توضع المعلومات العامة عن الألوان.
- تنقسم الألوان إلى قسمين:

1) الألوان الأساسية:

مثل اللون الأبيض والأصفر والأحمر والأخضر والأسود والأزرق والبني.

2) الألوان الثانوية:

والتي تنتج من خلط الألوان الأساسية بعضها ببعض بنسب مختلفة مع اللون الأبيض، مثل اللون الوردي والرمادي والكريم والروز والسماوي والبنفسجي، ونوضح فيما يلي بعض الألوان الثانوية وطريقة عملها...

اللون الأبيض + الأصفر = الكريم

اللون الأبيض + الأحمر = الروز

اللون الأبيض + الأزرق = السماوي

اللون الأبيض + الأخضر = بستاج

اللون الأبيض + البني = البيج

اللون الأبيض + الأسود = الرمادي

اللون الأحمر+ الأصفر = البرتقالي

اللون الأزرق + الأصفر = الأخضر

اللون الأحمر + الأزرق = البنفسجي

ومن كل لون من هذه الألوان توجد عدة درجات منها الفاتح والغامق ويتوقف ذلك على النسب والتي تأتي بعدة تجارب مع ضرورة تحديد نسبة كل تجربة أو كل فاتورة لون.

خصائص بعض الألوان وتأثيرها النفسي:

- اللون الأبيض:

يوحي بالنظافة ويعكس أكبر قدر من الأشعة الساقطة ويستخدم لإبراز قيمة الألوان الأخرى، كما يستعمل كلون أساسي في إستخدام بقية الألوان الثانوية.

ولمنع إصفرار هذا اللون يتم تشعيره بكمية ضئيلة من الأزرق وبالنسبة للبلاستيك يتم تشعير اللون بكمية من الزهرة.

- اللون الأحمر:

يثير هذا اللون الأعصاب ويستخدم فقط في إبراز التحف ويستخدم في الواجهات الخاصة بالمحلات ولكن يستخدم للحصول على بعض الألوان المناسبة كما ذكرنا.

- • اللون الأزرق:

لون الهدوء والسكينة والراحة خاصةً الألوان الفاتحة منه حيث تستخدم في حجرات المعيشة والنوم كما يستخدم هذا اللون في حجرات العمليات والمستشفيات كما له تأثير على قتل الجراثيم والميكروبات.

- • اللون الأخضر:

كالسابق يستخدم الفاتح منه في الأماكن التي تحتاج إلى هدوء الأعصاب والإسترخاء وراحة أعصاب العين ويفضل إستخدامه في حجرات المكاتب.

وهذا اللون غير مفضل في حجرات الطعام لأنه يغير لون الأطعمة.

- اللون الأصفر:

أكثرالألوان إشراقاً ويوحي بالنشاط والمرح، يستخدم في الحوائط المظلمة، كما أن لهذا اللون قدرة على طرد الحشرات.

- اللون البنفسجي:

لون الوقار والحزن واللون الفاتح منه يعطي جمالاً خاصاً.

- اللون البرتقالي:

يناسب حجرات المعيشة ويتفق مع الأثاثات النمطية، وهو لون فاتح للشهية لذا يفضل استخدامه في غرف الطعام.

طريقة خلط الألوان:

عند اختيار اللون بين مجموعة الألوان اللانهائية يقوم صاحب المحل بإحضار طلاء أساسي محايد (طلاء بدون لون) تبعاً للحجم والنوعية التي تم اختيارهما. يزال الغطاء من على العلبة ثم توضع على رف المكنة وبناءً على تنظيم الحاسوب ورمز اللون الذي اختارته المكنة توزع الكمية المضبوطة وهذه الخطوة تدعى (التلوين).

عندما تتم عملية التلوين يستبدل الغطاء الذي يأخذ تقريباً 30 ثانية وترسل العلبة إلى هزاز للخلط وبالتالي يتم الحصول على اللون في أقل من 3 دقائق.

معايير لإختيار الدهانات:

وحول المعايير التي يمكن للمستهلك الاعتماد عليها عند اختيار الدهانات، فإن هناك أكثر من 90٪ من أصحاب المنازل يعانون من موضوع دهان الفيلا أو المنزل من جميع النواحي، وذلك بسبب عدم وجود التخطيط المسبق.

ومن أجل وصول المستهلك إلى أفضل الحلول يجب عليه إتباع الخطوات الآتية:

1. تحديد المساحات الخارجية والداخلية للمنزل وتكون تفصيلية بالنسبة للغرف وغيرها، ومن أجل تحديد الكميات والتكلفة.
2. توجد ثلاث تشطيبات إن صح التعبير بالنسبة للدهان المختار (دهانات اعتيادية، دهانات ذات ملمس بارز، دهانات متعددة الألوان والتأثيرات مثل التعتيق على سبيل المثال) وهذه التشطيبات مرتبة من التكلفة الأقل إلى التكلفة الأعلى.
3. اختيار ماركة دهان وهنا ننصح بالتوجه إلى الماركات المعروفة والمرتبطة الخبرات الأوروبية لأنها حريصة على توفير المنتجات وفق معايير وجودة عالمية، وهنا لابد من الإطلاع على دليل النشرات الفنية للمنتجات وتكمن أهميتها في (معرفة أماكن استخدامها، مميزاتها، ألوانها، تغطية اللتر الواحد على الأمتار المربعة من أجل حساب التكاليف، طرق تنفيذها، والكثير من المعلومات الأخرى)

وهذه تمكن المستهلك من فهم هذه المنتجات ومعرفة طرق تنفيذها وتبقى هنا نقطة مهمة وهي هاجس الأمهات في المنزل من ناحية قابلية الدهان للتنظيف، وهنا يوجد لهذا تعريفين وهما قابل للتنظيف cleanable أو قابل للغسيل washable فالأولى تنطبق على الدهانات المطفية تماما حتى وإن كانت زيتية الأساس، ويتم تنظيفها بمنشفة مبللة بالماء وتنظف فقط الأوساخ البسيطة، أما التعريف الثاني ينطبق على الدهانات التي تحتوي على لمعان من نصف لمعة إلى لامع فهذه يمكن غسلها بالماء والصابون، ومن أكثر الأماكن تعرض للأوساخ هي بالقرب من مفاتيح الإضاءة حيث تكون الأيادي بها نسبة بسيطة من الزيوت الطبيعية وقد تكون متسخة بالنسبة للأطفال وهذه المناطق تفضل أن تكون بدهانات نصف لامعة.

4. ميزانية الدهانات وهي الأهم، ويعتمد تحديدها حسب ميزانية كل شخص، ولكن في المتوسط احرص أن تستعمل الدهانات الجميلة مثل التعتيق وغيرها في الأماكن التي يشاهدها ضيوف المنزل والذي يقضي فيها أفراد المنزل معظم أوقاتهم، أما بالنسبة للدهانات الإعتيادية فيمكن تنفيذها في الغرف الأخرى وغرف النوم وبألوان جميلة متناسقة مع الأثاث أما الدهانات ذات الملمس البارز فيمكن تنفيذها في المساحات الخارجية لإعطاء المظهر الجمالي للمنزل.

5. يراعى تحديد الألوان مسبقاً لجميع أجزاء المنزل ويفضل أن تكون بعد اختيار الأثاث لتتماشى مع النسق والمنظور العام. ومعظم المستهلكين حالياً يختارون الألوان قبل الأثاث وهذا من الأخطاء الشائعة، لأن الألوان متوفرة إلى ما لا نهاية بالنسبة للدهانات ولكنها محدودة في الأثاث.

6. التنفيذ وهي من المشكلات والتعقيدات القائمة إلى الآن بين المقاول والمالك، وهنا أنصح بأن يكون الأمر بين الطرفين موثقاً بعقد تفصيلي لكافة أجزاء المنزل وتحديد نوعية الدهان واللون، وعدد طبقات كل منها، وكذلك يتفق على عدد العمالة المطلوبة لإنهاء العمل ويكون العقد ملزماً بتاريخ انتهاء العمل والتسليم النهائي. وتبقى طريقة العقد إما (أجور عمل فقط) أو (أجور عمل مع مواد) وهذا راجع للمالك لاختيار الأنسب، وفي الحالة الأولى سوف

يكون دليل النشرات الفنية مرجع مهم لاحتساب الكمية المطلوبة من أجل الاختيار بين الأفضل.

كيف يختار المستهلك الدهانات:

هناك من المستهلكين من يترك هذه المهمة للمنفذ أو الدهان ويعتبر هذا دليل على عدم دراية صاحب المبنى أو المسكن بأنواع الدهانات المختلفة التي تناسب مبناه أو مسكنه وهناك بعض المقاولين يقنع المستهلك بضرورة اختيار نوع معين أو ماركة معينة، حتى يحصل على عمولة من صاحب المحل سواءً كان مبالغ نقدية أو هدايا عينية. إن هناك شريحة من المستهلكين تحدد اختيارها من خلال التقاء الناس في المجالس، فالمجالس لها دور كبير في تحديد نوعية الدهانات واختيار مصنعي الدهانات من خلال التعرف على تجارب وأذواق الآخرين والاستماع إلى نصائحهم، وهناك شريحة تعتمد على المكاتب الاستشارية ومصممي الديكور، وهناك شريحة تعتمد على مصنعي الدهانات والفنيون منهم، ولعل التنسيق بين مصنعو الدهانات والخبراء الفنيون في هذا المجال مع المكاتب الاستشارية ومكاتب التصميم الداخلي وحديد طلب المالك له دور في الاختيار الصحيح للدهانات.

وأخيراً إن عملية الاختيار حالياً تتم بعدة أوجه ولعل أهمها هي تقليد الغير وهذا سبب عدم القدرة على تصور الدهان المختار على أرض الواقع، أو يتم الاعتماد على الدهانين الموجودين عند محلات بيع الدهان في اختيار نوع الدهان ويترك للمستهلك اللون، أو عن طريق أصدقاء ومعارف لهم دراية في هذا الموضوع. ولكن يمكن تسليط الضوء على عامل مهم وهو أهمية وجود مصمم داخلي للمنزل، فالمستهلك اختار المقاول لأداء العمل والبعض يختار استشاري لإشراف أفضل وهذا على حسب الميزانية، ولكن للمصمم الداخلي فوائد كثيرة، فهو شخص متخصص في مجاله وبإمكانه تخيل الشكل العام للمنزل قبل البدء، وهنا تكون له فوائد في الأبعاد والمساحات في المنزل، تصميم النوافذ من ناحية المساحة وكمية الضوء الداخل منها، تحديد المنظور العام لتوزيع الأثاث والنمط الذي يواكب التصميم العمراني للمنزل وكذلك اختيار نوعية الدهانات والألوان حسب الأثاث والمساحات وعدة أمور أخرى.

ضرورة توعية المستهلك والتنسيق بين الأطراف المتداخلة في البيع والاستعمال:

إن هذه الصورة لتعدد اتجاهات الاختيار التي تتم على أساس غير مهني وفني، وفي كثير من الأحيان وكما يراها مصنعي الدهانات تستدعي نشاطاً منها لتوعية المستهلك لتجنب الممارسات الخاطئة لبعض المقاولين أو الدهانين ويتم ذلك بتقديم الإرشادات عن كيفية الاختيار الأمثل للدهان وعدم الاعتماد على المقاول أو عامل الدهان.

إن الارتقاء بالعناصر التي تحدد الاختيار الأمثل يرجع إلى ضرورة قيام جميع الأطراف المتداخلة في عملية البيع والاستعمال للدهانات من مصنعين وموزعين ومراقبين للجودة ومنظمين لهذا القطاع من الاستثمار أكثر في توعية المستهلك وإعطائه صورة واضحة عن مكونات الدهان وطرق استعمالها وكيفية التعرف على الدهان الجيد من المغشوش وتحديد الاستعمال الصحيح من الخطأ.

الإضرار الصحية لبعض مكونات الدهانات وكيفية الوقاية منها:

إذا كان التنسيق والتوعية من الأدوات الهامة في توجيه الاختيار الأمثل للدهانات والتعريف بالمعايير التقنية الصحيحة لاستخداماتها المختلفة، فإن هذه الأدوات تصبح ملحة مع ازدياد الأهمية بمخاطر المواد الصناعية خاصةً على صحة الإنسان وتلوث البيئة بشكل عام.

وإن كان يصعب أثبات التأثيرات الضارة بصحة الإنسان الناشئة من المواد الصناعية في كثير من الأحيان، إلا أن التحذيرات التي تصدرها مراكز البحث كل حين وحين تجعلنا نؤكد على أن الوقاية على اقل تقدير هي الخيار الوحيد والملح للحد من هذه التأثيرات.

إن أغلب الدول المتقدمة قد قامت بتغيير كبير لبنيتها التحتية الصناعية، ففي مجال الدهانات أصبحت الشركات المصنعة تنتج دهانات صديقة للبيئة وهي دهانات خالية من المواد المتطايرة التي تسبب بروائحها ضرراً بالغاً على صحة الإنسان سواءً عمال الدهان أو المستهلكين.

إن المادة الرئيسية التي تدخل في تركيب الدهانات والتي يمكن أن تؤثر على البيئة هي كمية ونوعية المادة المذيبة المستخدمة في تصنيع الدهانات عموماً.

ويمكن تقسيم الدهانات التزينية التي تستخدم في البيوت والمكاتب والمستشفيات...إلخ، إلى نوعين رئيسيين:

- دهانات ذات أساس مائي (دهانات البلاستيك والأكريلك).
- ودهانات ذات أساس من المواد المذيبة (دهانات زيتية).

أما الأولى فتعتبر إجمالاً غير ضارة بالبيئة على الرغم من احتوائها على كمية ضئيلة من المذيبات تساعد على تشكيل طبقة دهان.

وتتوفر أيضا دهانات مائية خالية تماماً من المواد المذيبة وهي أغلى قليلاً من الدهانات العادية، أما الدهانات ذات الأساس الزيتي فإنها تحتوي على كميات كبيرة من المواد المذيبة تسلعد في عملية طلاء الدهان وتعتبر هذه الدهانات ضارة بالبيئة.

في الولايات المتحدة وأوروبا هناك قيود تحدد كمية المواد المذيبة التي يمكن أن تنبعث أو تتطاير من طبقة الدهان أثناء تصلبه، وأدى فرض هذه القيود إلى ابتكار دهانات تحتوي على نسبة عالية من المواد الصلبة ودهانات خالية من المواد المذيبة، ويمكن لصناعة الدهانات أن تفي بحاجات عملائها من الدهانات غير الضارة ولكن بأسعار ستكون أغلى إذا ما تجاهل العملاء مسألة الضرر وقاموا بشراء أرخص الدهانات تكون النتيجة بيئة ملوثة.

وبصرف النظر عن قضية المواد المذيبة المذكورة آنفاً والتي يمكن أن تسبب قيوداً صحية وخصوصاً عند وجود أطفال أو شيوخ يعانون من مشاكل صحية كداء الربو، فإن أهم الاعتبارات المأخوذة في دهانات المنازل هي احتوائها على مواد ملوثة من الرصاص. ومن المعروف أن الملونات الحاوية على الرصاص المستعملة في الدهانات هي أحد أسباب الإصابة بسرطان الرئة ولذا من الأفضل تجنبها، معظم كبار منتجي الدهانات لا يستعملون مواد ملونة حاوية على الرصاص في الدهانات

المنزلية، هذا بالإضافة إلى أن هيئة المواصفات والمقاييس السعودية تحظر استعمال هذه الملونات على الدهانات التي تحمل علامة الجودة من الهيئة.

دور جهات الرقابة المحلية:

إذا كانت النوعية ضرورية لجعل المستهلك مطلعاً على الأنواع الجديدة من الدهانات واختيار المناسب منها فإن دور الشركات المصنعة وخاصة تلك التي توزع منتجاتها على مستوى عالمي يعتبر أساسياً في هذا المجال فالمطالع للنشرات الإعلامية والمواد الإعلانية التي تقوم الشركات بإصدارها مشكورة في هذا الصدد يلاحظ عدم كفاية هذه الرسائل الإعلامية الموجهة للمستهلك لتجعله قادراً على الاختيار السليم، فليس كل ما تعرفه الشركات عن منتجاتها سواء من حيث ملائمة الدهانات للمشاريع والبيئات المختلفة أو من حيث المضار الناتجة يتم توضيحه.

بعض الشركات تقف في تحذيراتها أو تعريفها عن المضار عند ما هو مفروض فقط من جهات الرقابة في البلد الواحد ولا تتعداه، مع علمها بتجارب في دول أخرى وبالقوانين التي فرضت عليها عند تسويقها لهذه المنتجات.

هذا التحقيق مثلاً وعلى الرغم من أن الشركات أفادت بأن الدهانات ذات الأساس المائي أفضل من الدهانات ذات الأساس الزيتي في الحماية من الأضرار الصحية الناتجة من الروائح على الدهانين والمستهلكين إلا أننا نعلم أن بعض الدهانات المائية التي تطرح في الأسواق ما زالت تشكل ضرراً على الصحة، لأنها ما زالت تحتوي على مواد مثل إيثير الجليكول وميتيل الجليكول الذي من بين أضراره الصحية على النساء الحوامل الضرر الذي سببه عقار الثليدوميد في السبعينات من عيوب خلقية على الأجنة. كما أن الدهانات ذات الأساس الزيتي والتي تحتوي على نسبة عالية من المواد الضارة ما زالت تطرح بكثافة في الأسواق وعلى كثير من الأسطح مثل الأسطح الخشبية أو المعدنية وفي المنشآت في المناطق الساحلية وليس لها بديل آخر.

وهنا يتضح لنا دور جهات الرقابة المحلية الذي ما زال يؤدي في حدود ضيقة جداً مثلاً لمنع استخدام مواد مثل الرصاص في الدهانات المنزلية، في حين أن هذا الدور وعلى المستوى العالمي قد نما وتعاظم بهدف حماية المستهلك، من حيث الدور الإعلامي المناط بهذه الجهات من خلال المجلات المتخصصة والصحف والتلفزيون لنشر الوعي التقني بكافة الوسائل وفي كافة المناسبات مثل المعارض والندوات المتخصصة ومن خلال متابعة النشرات والإعلانات التي تصدرها الشركات والحث على توضيح المميزات والعيوب لكل منتج بل ومساعدة المستهلك على الإختيار السليم لمنتجات الدهان.

كما أن جهات الرقابة مسئولة عن متابعة ما يستجد على الساحة العالمية من تجارب الآخرين، وما يتم فرضه من قوانين الحماية والوقاية على الشركات المصنعة للدهانات، فنحن في عصر عولمي جديد نستطيع بكل سهولة وسرعة الإطلاع والتعرف على ما يدور من دقائق الأمور والإكتشافات والتجارب والمستجدات والأحداث على المستوى العالمي لرفع مستوى الأداء والوعي لكافة المستهلكين من متخصصين ومواطنين عاديين.

تخزين مواد الدهانات:

تمثل كافة المواد والمعدات المخزنة كمية كبيرة من المال، ولذلك فان سوء التخزين يكلف كثيرا وقد يكون خطرا في بعض الأحيان.

- درجة الحرارة:

يجب الحفاظ على درجة حرارة المخزن ثابتة قدر الإمكان. ودرجة الحرارة المثالية عموما هي15 درجة مئوية. تحفظ المواد المذيبة في درجة حرارة أقل بسبب أطار التبخر والأبخرة الخطرة لناتجة عنه.

- الرطوبة:

تلف الكثير من المواد أو الفرش إذا تعرضت للرطوبة، والمخازن الدافئة بدرجة الحرارة المذكورة أعلاه تخلو من الرطوبة التي تتلف المواد.

- **الإضاءة:**

إن الإضاءة الطبيعية أو الاصطناعية المناسب ضرورية جدا للتعرف على البضاعة المخزنة ولدرء الأخطار. ويجب الانتباه إلى أن جميع التمديدات والتجهيزات الكهربائية المستعملة للإضاءة في حالة جيدة، وإلا فسيكون هناك خطر الحريق.

تعليمات الوقاية من الحريق:

قلة قليلة من مواد الدهان تخلو من خطر الاشتعال، ولذلك يجب اتخاذ جميع الإجراءات اللازمة لدرء هذا الخطر:

- تجنب اللهب.
- منع التدخين.
- التأكد من وجود نوعية مناسب من معدات إطفاء الحريق وفي حالة جيدة.
- يجب أن تخزن المواد المصنفة كمواد سريعة الاشتعال أو الغازات النفطية السائلة في ظروف خاصة جدا.

عيوب الدهانات وأمراضها:

الدهانات والبويات والورنيشات كأي منتج كيميائي تتأثر تأثراً بالغاً بأي عيب ولو بسيط سواء في الخامات أو التصنيع أو التخزين أو التطبيق وقد تحدث عيوب الدهانات من استخدام مخفف غير مناسب أو من فصيلة غير فصيلة الدهان أي أن هناك اختلافاً في المادة الرابطة والقاعدة الأساسية كأن تخفف الدهانات والورنيشات السليولوزية بالنفط المعدني بدلاً من الثنر أو يحدث العيب من استخدام كميات كبيرة من المخففات.

وقد تحدث عيوب الدهانات من عدم معالجة الأسطح جيداً عند إعادة الدهان للحوائط أو الاسطح او المشغولات أو عند دهان البويات والورنيشات الصناعية التي تحتاج لسطح سليم وقوي لتحمل هذه الدهانات الشديدة. ونظافة السطح والأدوات والمعدات المستخدمة في الدهانات والورنيشات عليها عامل كبير لإنجاح عملية الطلاء الناجح السليم.

وفي الدهانات الصناعية يوصى باستخدام كمبروسورات هوائية لنظافة السطح وإزالة الأجزاء المفككة الضعيفة. ويمكن أن تنتج عيوب الدهانات من وجود عيوب وضعف بطبقة المحارة (اللياسة) خاصة تلك التي يستخدم بها جير غبر جيد وغير مطفي بعناية حيث ينفش السرفال طارداً طبقة المعجون والدهان.

ومن الأمور التي تتسبب في عيوب الدهانات والورنيشات هو سوء الاستعمال للسطح أو المشغولة المدهونة كذلك تنظيف الدهان بمواد أو بطريقة غير سليمة يتسبب أيضا في حدوث عيوب الدهانات والورنيشات ويوجد عامل آخر يتسبب في حدوث مشاكل وعيوب بالدهانات وهو تعرض هذه الدهانات لدرجات حرارة عالية وخاصة عند استخدام الدهانات المنزلية للأغراض الصناعية.

أنواع عيوب الدهانات:

أ. العيوب الناتجة من سوء التصنيع:

تنقسم عيوب صناعة البويات والورنيشات إلى عدة أسباب رئيسية أهمها:

1. استخدام خامات سيئة أو غير مناسبة أو منتهية الصلاحية أو مشوية بطريقة خاطئة عند المورد.
2. التصنيع بدون معدات أو ماكينات غير مناسبة.
3. أخطاء في التركيب الكيماوية أو تطبيقها بطريقة خاطئة.
4. عدم العناية بالزمن الكافي للطحن أو الخلط أثناء التصنيع.
5. التخزين السيئ بالمصانع للخامات أو العبوات الصفيح.
6. استخدام المصانع لعبوات غير مناسبة لنوع الدهان دون مراعاة التفاعلات الكيماوية الممكن حدوثه بين مكونات الدهان والعبوة. كاستخدام العبوات الصفيح لتعبئة الدهانات المائية دون عمل الاحتياطيات اللازمة سواء إضافة مواد خاصة لمنع حدوث الصدأ في العبوة أو وضع الدهانات داخل كياس بلاستيك داخل العبوة.

ولتلاشي هذه العيوب يجب على أصحاب المصانع انتقاء خامات جيدة من مصادر موثوق بها وتكون هذه الخامات سارية الصلاحية خالية من تأثير العوامل الجوية. والتأكد من أنها مشوية جيداً ولم تصلها أي رطوبة ولم تتعرض لدرجات الحرارة العالية.

أيضا يجب استخدام معدات وخلاطات وطواحين مناسبة مع العناية بالنظافة المستمرة. كذلك العناية بالعبوات وأن تكون من نوع جيد ومحكمة القفل ومناسبة لنوع الدهان دون تفاعلات كيماوية. وعند علاج الأسطح التي تم دهانها وبها العيب السابق يتم إزالة الأجزاء الصعبة وعمل طبقة معجون جيدة ثم دهان وجهين من دهان جيد.

ب. العيوب الناتجة من سوء المصنعية وعلاجها:

1. اتجه الباحثون لإنتاج أنواع متطورة من الدهانات والورنيشات والمعاجين وتتميز بسهولة التطبيق. كما يتجه المقاولون إلى استخدام معدات وماكينات الدهانات بالرش. كل ذلك لتلاشي عيوب النقاشين. ومن أشهر عيوب النقاشين:

أ. التجهيز الخاطئ للأسطح مع استخدام مواد معالجة غير مناسبة لهذه الأسطح وغير متناسبة مع نوع الدهان.

ب. أخطاء في تجهيز المعجون والبطانات بواسطة النقاشين.

ج. وجود دخلاء على الصنعة فيحدث للدهان تسييل ولحام.

د. تعمد بعض النقاشين إلى زيادة المخففات (المواد المذيبة) للزيادة التشغيلية أثناء الطلاء.

ه. استخدام أدوات وفرش ومعدات ورولات غير مناسبة أو غير نظيفة.

و. قيام بعض النقاشين بالطلاء على أسطح بها رطوبة دون علاجها بمعرفة المهندس.

ز. اعتماد بعض النقاشين على بعض المساعدين الغير أكفاء.

ح. عدم العناية بالنظافة عموماً وعدم العناية بأعمال الصنفرة.

2. ولتلاشي ذلك يجب انتقاء نقاشين ذوي خبرة وكفاءة عالية وإعطائهم التعليمات المرحلية مع الاستلام مرحلياً أي طبقة مع عدم استخدام المخففات إلا بالنسب المحددة المدروسة. أيضا التأكد من مناسبة ونظافة الأدوات والمعدات والفرش والرولات المستخدمة في الدهان.
3. ولعلاج العيوب التي ظهرت نتيجة ذلك يتم إزالة الأجزاء الضعيفة أو المفككة مع صنفرة السطح جيداً وعمل طبقات معجون ودهان جديدة من نوعية جيدة.

ج. العيوب الناشئة من سوء الاستعمال وعلاجها:

1. قد يحدث سوء الاستعمال كأن يتعرض الدهان لظروف وعوامل غير المنفذ من اجلها.
2. قد يحدث أيضا سوء استخدام للسطح أو المشغولة المدهونة.
3. قد يحدث العيب أيضا نتيجة عدم صيانة الدهان أو تنظيفه بمواد غير مناسبة فيحدث إذابة للدهان نفسه.
4. لتلاشي ذلك يجب أن نحسن اختيار الدهان المناسب للاستخدام. وأيضا إتمام عملية النظافة بحرص وبمواد مناسبة مؤسسة قطع إسفنجية مبللة بالماء والصابون للدهانات المائية وإزالة البقع بالنفط المعدني أو التربنين في الدهانات الزيتية أو بالتنر في الدهانات السليولوزية على أن يكون ذلك بحرص تام مع تلاشي غسيل الدهانات بالماء بطبقة الرش لمنع تسرب الرطوبة إلى داخل الدهان أو الحائط.

د. العيوب الناتجة من عدم معالجة أسطح الدهان وعلاجها:

من أهم عوامل نجاح أو فشل الدهانات والورنيشات المطلوب طلاؤها. فبديهي انه عندما يكون بالسطح مواد غريبة فإنها تحدث تفاعل مع مكونات الدهان أو تفصل الدهان عن السطح الأصلي.

كما أن الأتربة والرايش وسواقط المونة تتسبب أيضا في مشاكل كثيرة في الدهانات والورنيشات حيث تقوم بدور العازل بين طبقة الدهان والسطح هذا بجانب ما تحدثه من الشكل الغير جمالي للسطح.

وبعض أنواع الدهانات خاصة الدهانات الصناعية تحتاج إلى أسطح قوية وسليمة لتتحمل هذه الدهانات الشديدة.

وفي حالة وجود أسطح ضعيفة ويجب معالجتها وتقويتها بمواد مناسبة ومتوافقة مع طبقات الدهان ثم عمل الوجه تحضيرية "برايمر" من نفس نوع الدهان المطلوب.

فعند وجود طبقة بياض ضعيفة ومطلوب دهانها بالدهانات الايبوكسية أو بدهانات البولي ريثان مثلاً أن نقوم بتقوية طبقة البياض حتى تتحمل هذه الدهانات وإلا فأنها ستتسقط نظراً لشدة وقوة هذه الدهانات.

٥. **العيوب الناشئة عن الاستخدام الخاطئ للمخففات وعلاجها:**

يجب على الشركات المنتجة تحديد النوع المناسب للمخفف ونسبته ويكون *ذلك موضحاً على العبوات مقترنة بتاريخ الإنتاج ومدة الصلاحية* مع طريقة الاستخدام والمعدلات وطريقة التخزين المثلي والاحتياطيات الأخرى الخاصة بالحرائق وكون المادة سامة أو غير سامة.

المخففات الشائعة هي:

1. الماء للدهانات المائية.
2. النفط المعدني أو التربنتين للدهانات والورنيشات الزيتية.
3. الثنر للدهانات والورنيشات السليلوزية.
4. الكحول للمنتجات الكحولية.

وقد يلجأ بعض النقاشين إلى زيادة نسبة المخففات لزيادة سيولة الدهان وسرعة الجفاف غير عابئين بالنتائج الأخرى التي تتسبب في ضعف طبقة الدهان وعدم مواءمتها للغرض المطلوب منها.

والبعض الأخر قد يستخدم مخففات غير مناسبة لنوع الدهان أو استخدام أنواع رديئة من المذيبات والمخففات كاستخدام الكيروسين بدلاً من التربنتن أو النفط المعدني وعلى المهندس لتلاشي المشاكل والعيوب الناشئة عن ذلك أن يتأكد من مناسبة المخفف لنوع الدهان والتأكد من نسبته المحددة.

وجدير بالذكر هنا أن نسبة المخففات تختلف من طبقة إلى أخرى فتزيد نسبتها في البطانات والأوجه التحضيرية عن الأوجه النهائية.

و. العيوب الناشئة عن سوء التخزين والعبوات وعلاجها:

1. ويجب أن تحظى مواد البناء عامة ومواد الدهانات والعزل والورنيشات خاصة بنوع من العناية اثناء التخزين وقد تحدث عيوب الدهانات نتيجة سوء التخزين كالتالي:

أ) سوء تخزين الخامات عند المستوردين وتجار الخامات.

ب) سوء تخزين المنتجات في المصانع.

ج) سوء تخزين المنتجات عند تجار المنتجات النهائية.

د) سوء تخزين المنتجات أثناء التشوين بالمواقع.

ه) سوء تخزين المنتجات أثناء التشغيل وعدم إحكام غلق العبوات.

2. قد يكون المنتج ساري الصلاحية من جهة التاريخ ولكنه منتهي الصلاحية نتيجة وصول الرطوبة إليه أو تعرضه للحرارة أو المؤثرات الأخرى.
3. اختيار العبوات المناسبة أيضا عنصر هام في جودة الدهان فمثلاً الدهانات المائية يفضل تعبئتها في عبوات بلاستيك ولا تعبأ في عبوات الصفيح منعاً للصدأ الناتج من الأكسدة بعض المنتجات الصناعية لا تصلح في العبوات البلاستيك خاصة الدهانات والورنيشات الصناعية.
4. أيضا العبوات الغير جيدة الغلق أو اللحام تتسبب في تلف البويات والورنيشات لتسرب الهواء داخل العبوة محدثة تلفاً بها.

ولتلاشي ذلك يجب أن نعتني أولا بالعبوة ويتم اختيارها على أساس سليم وتكون محكمة الغلق ثم تشون على طبالي خشب في أماكن مغلقة غير رطبة وغير معرضة للحرارة ويجب أن نلاحظ تاريخ الصلاحية وأن يتم اختبار الدهان قبل البدء.

كما يجب أن يقوم أصحاب المصانع في اختيار الخامات بعناية وأن تكون من مصادر موثوقة مع عمل الاختبارات اللازمة لهذه الخامات والكشف عنها دورياً.

الاحتياطيات الواجب اتخاذها لتلاشي عيوب الدهانات:

1. دراسة حالة السطح جيداً ومعالجته بالمواد المناسبة.
2. اختيار النوع المناسب من الدهان والمناسب للاستخدام.
3. عمل الحماية اللازمة للدهان.
4. الاختيار الجيد للبويات والورنيشات وتجربتها وعمل عينات قبل البدء في الاستخدام.
5. التأكد من تاريخ الانتهاء والصلاحية للبويات.
6. التخزين الجيد قبل وأثناء وبعد الدهان.
7. اختيار معدات وأدوات مناسبة وعمل خطة تطبيق الدهان على السطح.
8. عمل الاحتياطيات اللازمة أثناء الدهان وتأمين العاملين وتأمين الموقع من جميع الأخطار.
9. توضيح إرشادات لمستخدمي السطح المدهون وطريقة تنظيف الدهان وصيانته.
10. التأكد من عدم تطبيق أي طبقة دهان أو معجون إلا بعد تمام جفاف الطبقة السابقة.

وفيما يلي توضيح عيوب السطح الناتجة عن سوء تنفيذ الطلاء والأسباب المؤدية إلى ذلك...

نقض اللون *Bleeding*:

تغيير اللون في الطلاء الناهي. ملونات وأصباغ في الطلاء القديم قابلة للانحلال بمذيبات الطلاء الجديد مشكلة لوناً جديداً يظهر على سطح الطلاء الجديد.

انتفاخ في طبقة الطلاء Blistering فقاعات ناتجة عن مذيبات أو رطوبة في طبقة الطلاء. تنفيذ الطلاء تحت أشعة الشمس الحارة وجفاف سطح الطلاء بسرعة عالية واحتباس المذيبات في العمق. تنفيذ طبقة طلاء سميكة جداً.

التحوير (على شكل طبقة بيضاء ضبابية)(*Blushing*):

ظهور طبقة بيضاء ضبابية تبخر غير متجانس للمذيب في أطلية النتروسللوز نتيجة تنفيذ الطلاء بدرجات حرارة منخفضة.

التحوير (على شكل بودرة على السطح) Chalking ظهور بودرة بيضاء على سطح طبقة الطلاء. تقادم طبقة الطلاء نتيجة تعرضها لأشعة الشمس المباشرة.

التشعر أو التشقق *Cracking*:

تشكل شعيرات بأبعاد مختلفة في طبقة الطلاء. تقدم طبقة الطلاء نتيجة تعرضها لأشعة الشمس المباشرة.

معدات وأدوات الدهان:

تقسم معدات وأدوات الدهان إلى قسمين:

1. أنواع أدوات الدهان.
2. ماكينات ومعدات تصنيع الدهانات والورنيشات.

أنواع أدوات الدهانات:

أدوات الدهان متعددة تبدأ من الصنفرة والفرشاة وسكينة المعجون والرولات والسلم والسقالة وأدوات الرش سواء التقليدية أوالعادية، ويجب أن يكون المهندس

ملما بالأنواع المختلفة لهذه الأدوات والمعدات وتناسبها مع نوع الدهان المطلوب مع دراسة الاحتياجات اللازمة وترتيبات العمل وتتابعه. وهذه الأدوات هي:

1. الصنفرة:

الصنفرة من الأدوات الهامة خاصة في تجهيز السطح قبل الدهان ولصنفرة طبقة المعجون لذلك يجب العناية بإختيارها من حيث جودتها ومن حيث رقمها،وتوجدالصنفرة إماعلى شكل أفراخ أويكريركب على آلات الصنفرة والتنعيم الكهربائية.

وأنواع الصنفرة هي:

- صنفرة خشنة تأخذ أرقام (60،50،40).
- صنفرة متوسطة تأخذ أرقام (100،80).
- صنفرة ناعمة تأخذ أرقام (180،150،120).
- صنفرة ناعمة جدا تأخذ أرقام (280،240،220).
- صنفرة مقاومة للماء.
- صنفرة كهربائية صغيرة الحجم.
- صنفرة تركب على كتل خشبية للأسطح المنحنية.

2. سكاكين المعجون:

يوجد أنواع عديده من سكاكين المعجون ويجب أن تكون من الصلب المرن الذي لايصدأ.

والأنواع الرئيسه لسكاكين المعجون هي:

1. سكينة المعجون العادية من 1إلى 6 وتكون من الصلب المرن.
2. سكينة عمل المذهب الخاص بأعمال الديكورات والموبيليات.
3. سكينه الحريق وتستخدم لإزالة الدهانات بالحرق وتكون حادة ومشطوفة.
4. سكينة الكرانيش وتستخدم لعمل معجون الكرانيش.

3. الفرش:

تعتبر الفرش من أهم الأدوات المستخدمة في الهانات وجودة هذه الفرش تؤثر على جودة الدهان وتتوقف قيمة الفرشاة على قيمة الشعر واليد.

إما أن تكون الفرشاة من:

- شعر الخنزير:

من أحسن أنواع الشعرنظرا لإحتفاظها بكميه من الدهان نتيجة التوتر السطحي بين الدهانات والشعر وألوان شعر الخنزير كثيره منها الأسود والأبيض والرمادي والأصفر وتستخدم الفرش من شعر الخنزير في الدهانات المائية والزيتية.

- شعر الحصان:

الفرش المصنوعة من شعر الحصان تكون أنعم من النوع السابق لذلك تستخدم في الدهانات السيلولوزيه والجملكه والاكيهات.

- الشعر الصناعي:

1) تستخدم الفرش المصنوعه من الشعر الصناعي مثل النايلون في الدهانات المائيه ولاتصلح للدهانات الزيتيه أوالسيلولوزيه لحدوث تفاعل بين هذه الدهانات والشعر الصناعي.
2) يوجد أيضافرش مصنوعه من مشتقات نباتيه مثل فرش الجير والبيتومين وهو أرخص أنواع الفرش.

أ) أنواع واستخدامات فرش الدهان:

من الأمور الهامه لإنجاح الدهان هو الإختيار الجيد لنوع الفرشاة المناسب لنوع الدهان ويكون هذا الإختيار متوقفا على نوع شعر الفرشاة وحجمها وطولها ومقياسها .فمثلا الأماكن الضيقه أو الأماكن الفاصلة بين نوعين دهان أو بين لونين يجب أن تستخدم فرشاه مشط صغير للتحكم في الدهان وأشهر أنواع الفرش هي:

- فرش الجير البيتومين:

تكون هذه هي الفرشاة من الشعر النباتي كما ذكرنا ويجب أن تغمر في الماء كذلك يجب تنظيفها جيدا بعد الدهان.

- فرش الدهانات المائية:

تكون هذه الفرشاة من شعر الخنزير ويجب أن تكون هذه الشعور طويلة نسبيا لإحداث المرونة اللازمة. ويجب غسل هذه الفرش بالماء جيدا قبل وبعد الإستخدام.

- فرش الدهانات الزيتية:

وتكون هذه الفرشاة من شعر الخنزير كما ذكرنا ويجب غسلها جيدا بالماء والصابون قبل الإستخدام وبالتربنتين أو النفط المعدني أو الكيروسين.

والنوع المستدير منها يستخدم في البطانات والتجليخ لإمكانية الملو... كذلك الفرش الأخرى الجديدة تستخدم لنفس الغرض ليضاف البطانات لتنعيم شعرها وتوجد عدة أشكال ودرجات وأرقام من فرش الزيت.

- المستريك وأقلام التصوير:

المستريك هي فرشاة صغيرة إما دائرية أو مبطنة وتستخدم في دهان المساحات الصغيرة والثنايا ويوجد منها نوع بشعر مائل.

ويوجد نوع من المستريك يستخدم في الدهانات السيولوزية في دهانات السيارات.

أما أقلام أو فرش التصوير وهي كالسابقة ولكنها جيدة تستخدم في اللوحات الزيتية وفي النواحي الفنية.

- الأمشاط:

1. أشهر وأحسن أنواع الفرش لدهانات الطهارة (التشطيب) في الدهانات والورنيشات السنتتيكية أو المائية.

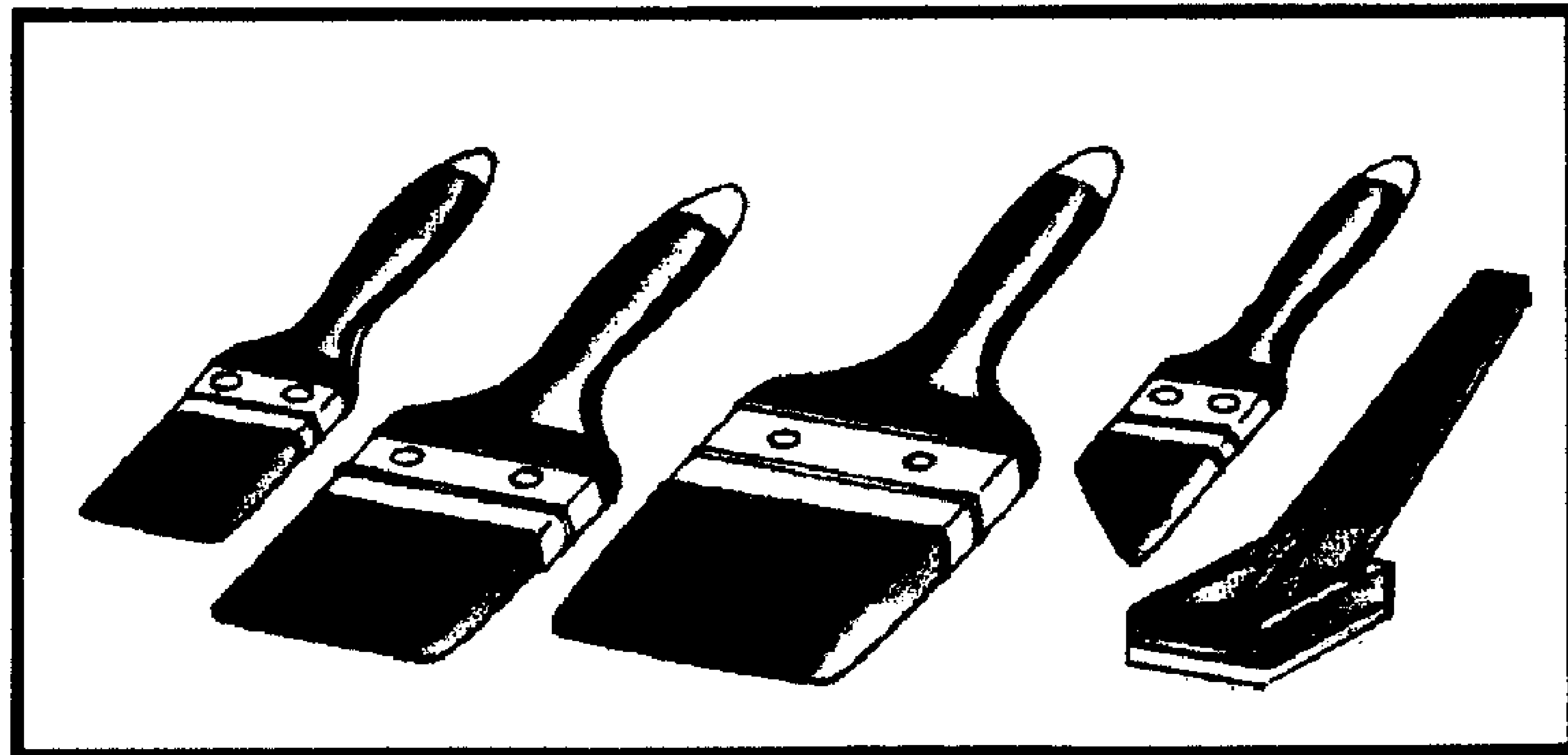
2. يجب أن يكون شعرها من نوع جيد ومادته اللاصقة جيدة لا تذوب في مذيبات الدهانات.
3. يجب العناية بغسل الأمشاط بالماء والصابون جيدا قبل الإستخدام ثم بالنفط المعدني أو الكيروسين بعد التشغيل وأثناء الإستخدام يفضل غمر الأمشاط في أوعيه بها نفط معدني وزيت لأن الزيت يعطي مرونة عالية للشعر.

فرش دق المط:

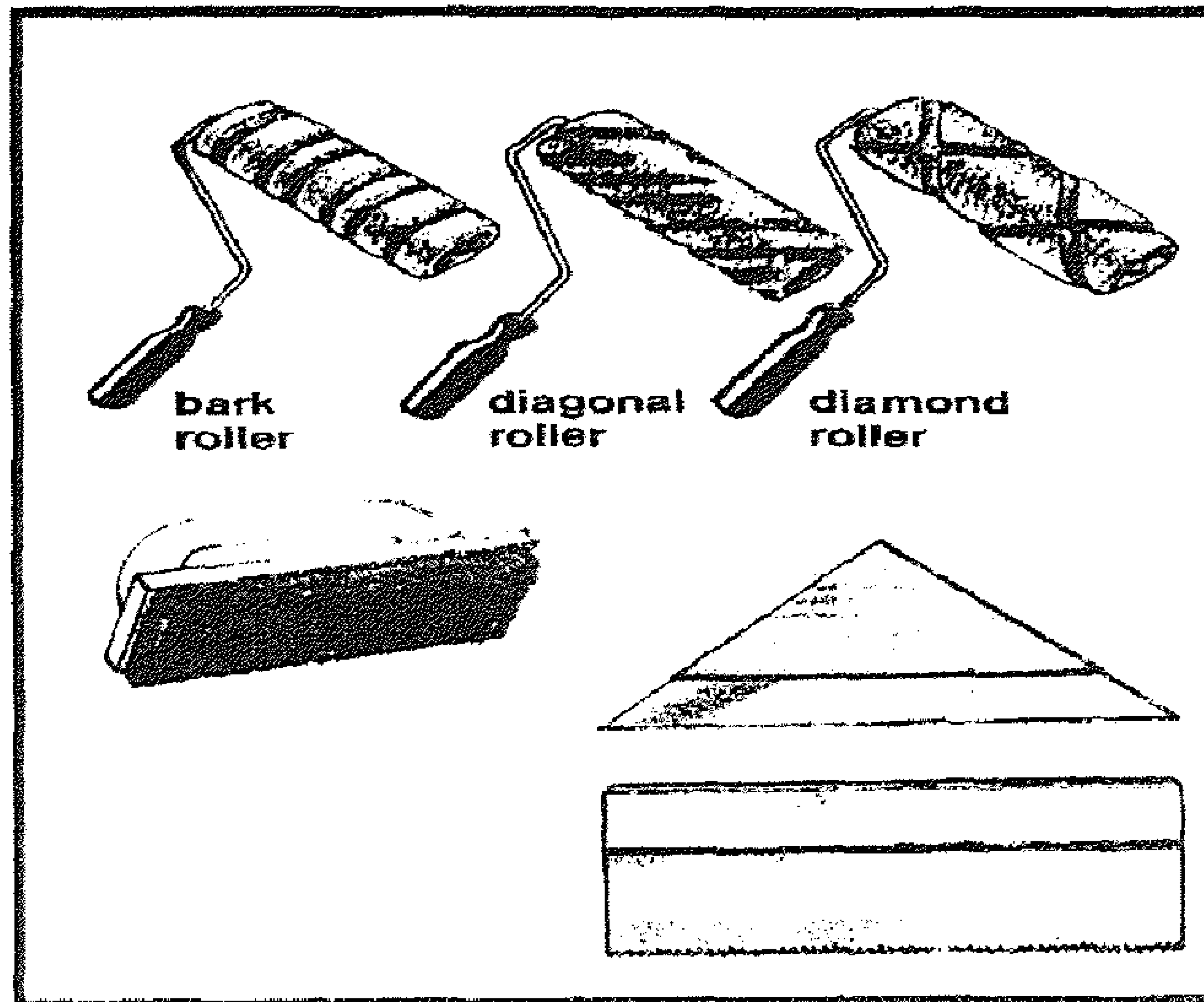
1. نظرا لأن الدهانات المط يحدث بها لحامات وتبريق أثناء الدهان فإنها تدق بمدقات المط لإزالة هذه العيوب حيث يتم الدق أولا بأول فوق سطح الدهان.
2. يتم تنظيفها بالنفط المعدني أو التربنتين.
3. تتكون أيضا من شعر الخنزير الأبيض أو الأسود.

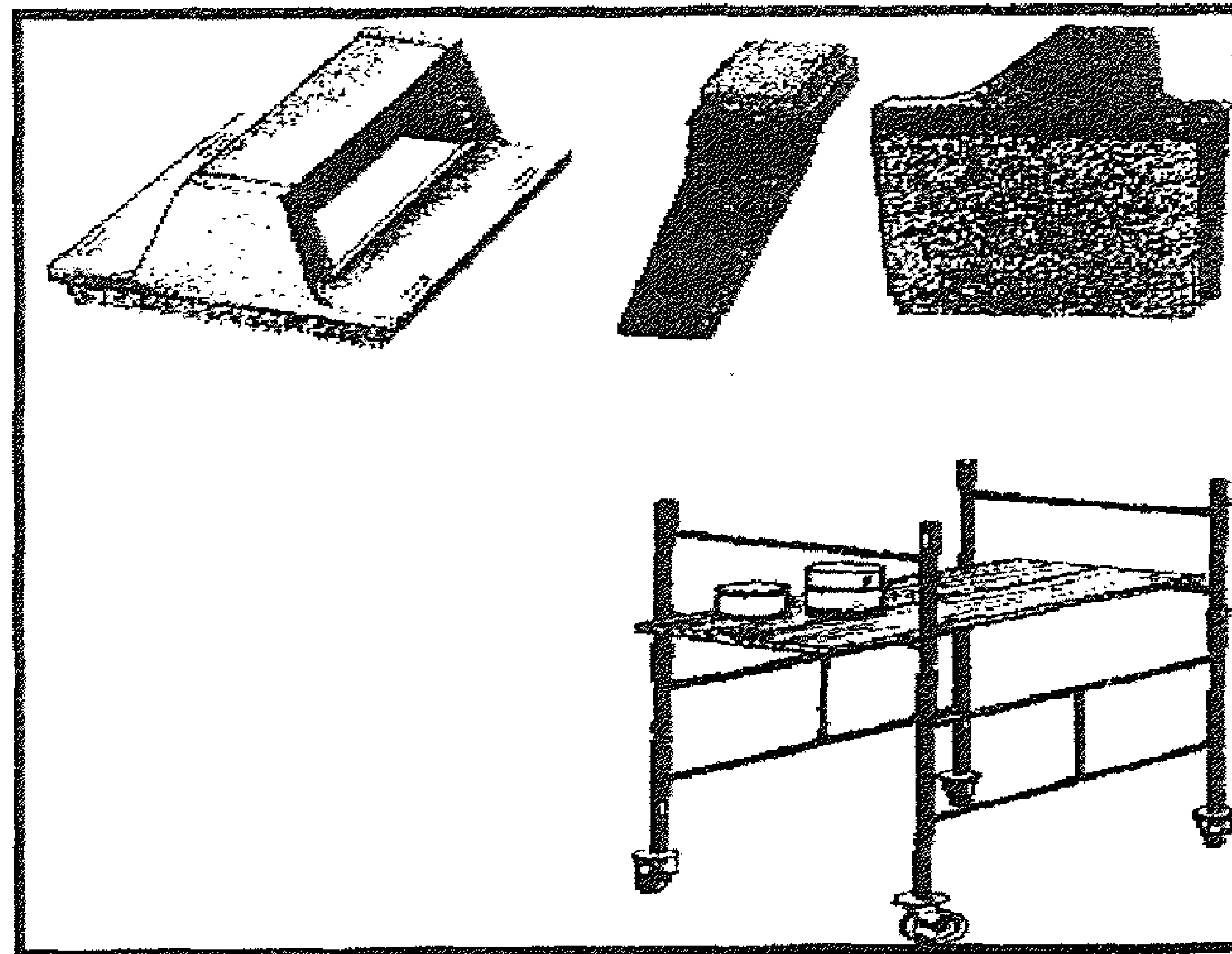
- الرولات:

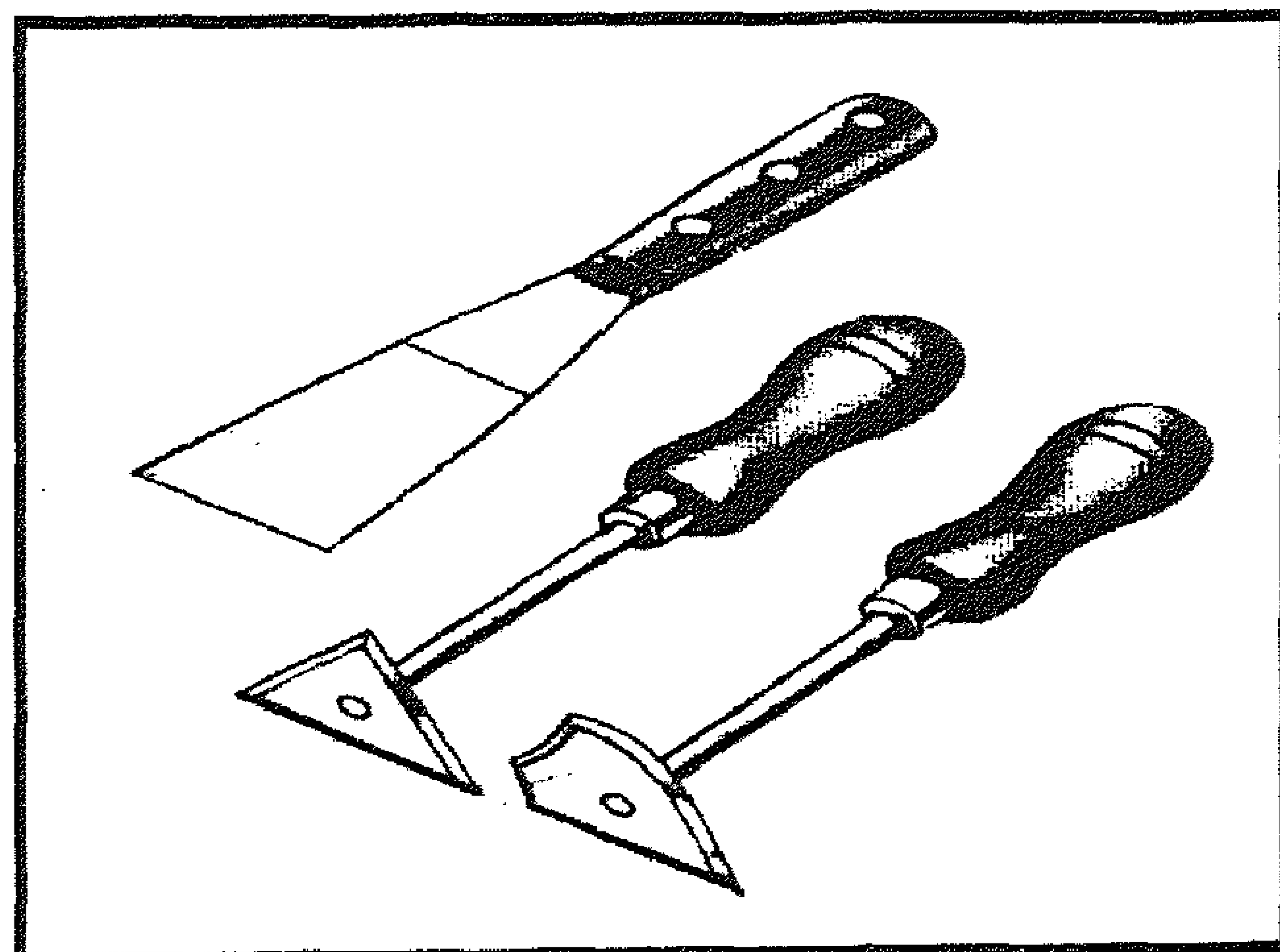
1. وهي عبارة عن إسطوانات لتوزيع البويات والدهانات حيث تدور هذه الإسطوانات على محور سلك متين في نهايته يد خشب أو بلاستيك ويساعد هذا الدوران على التوزيع الجيد للدهانات.
2. يمكن عمل نقشات مختلفة عن طريق كسوة هذه الإسطوانات بكسوة مزخرفة أو بارزة أو بالتجازيع المقلدة للأخشاب.

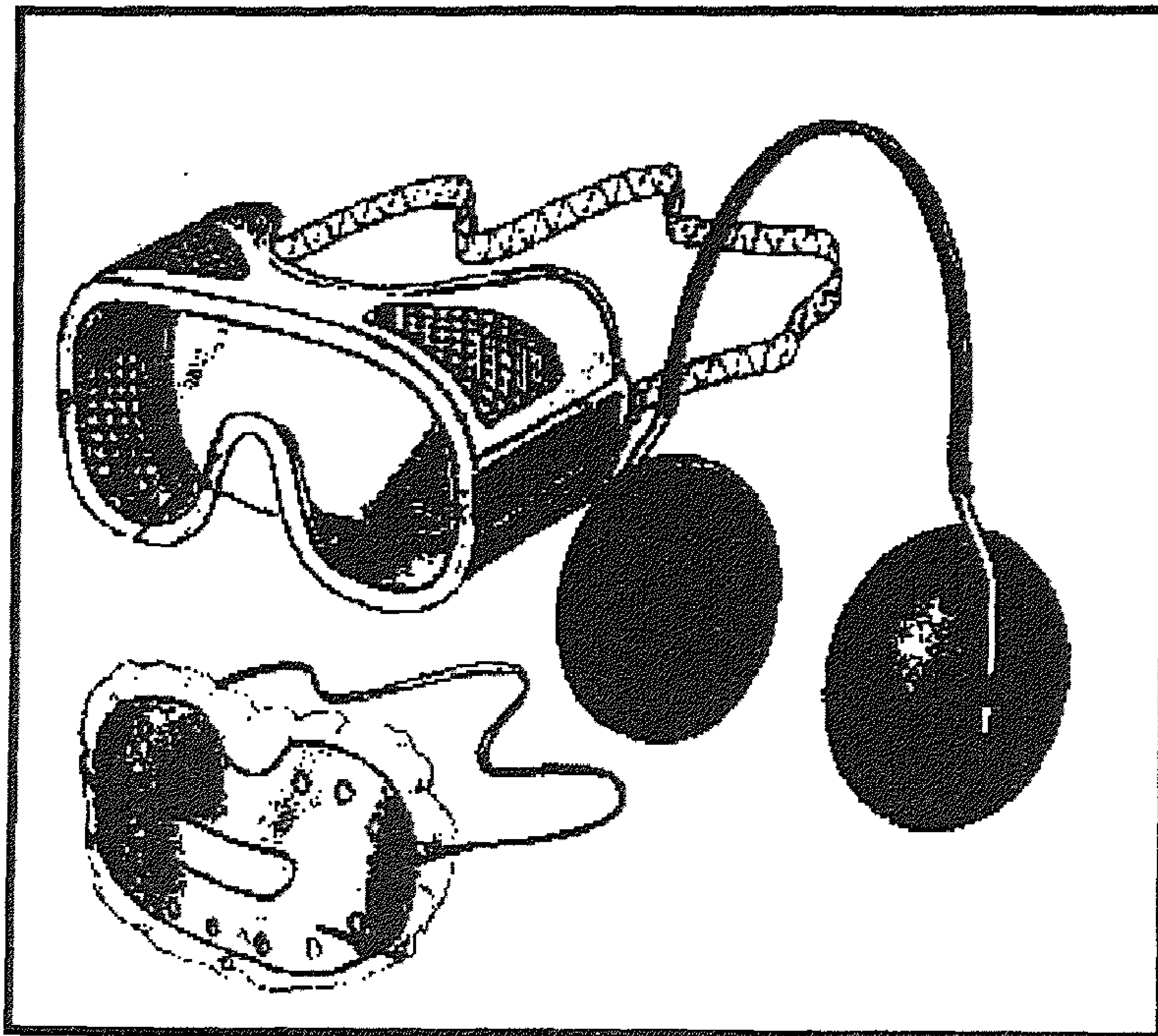


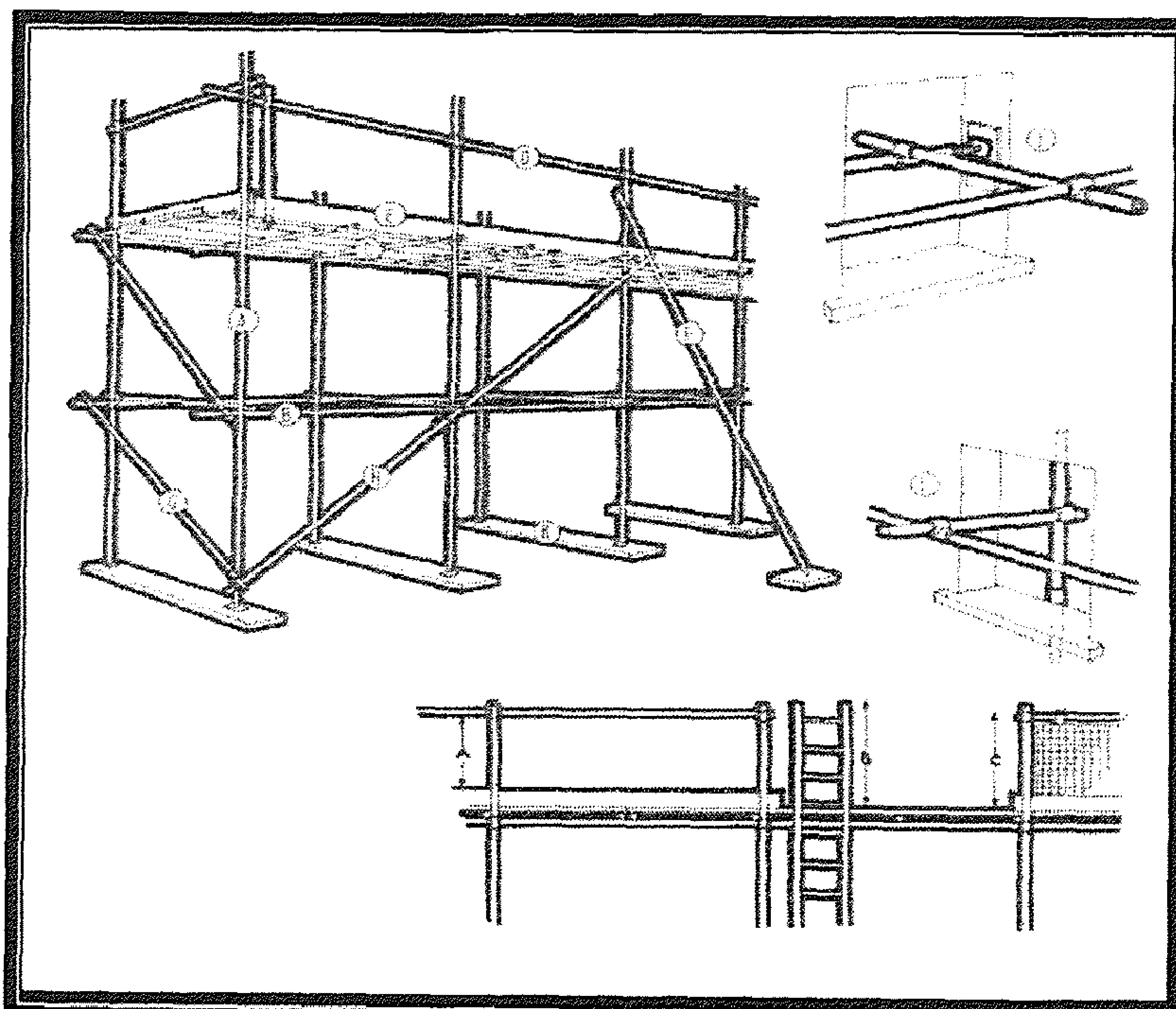
بعض أنواع الفرش المستخدمة في أعمال الدهانات

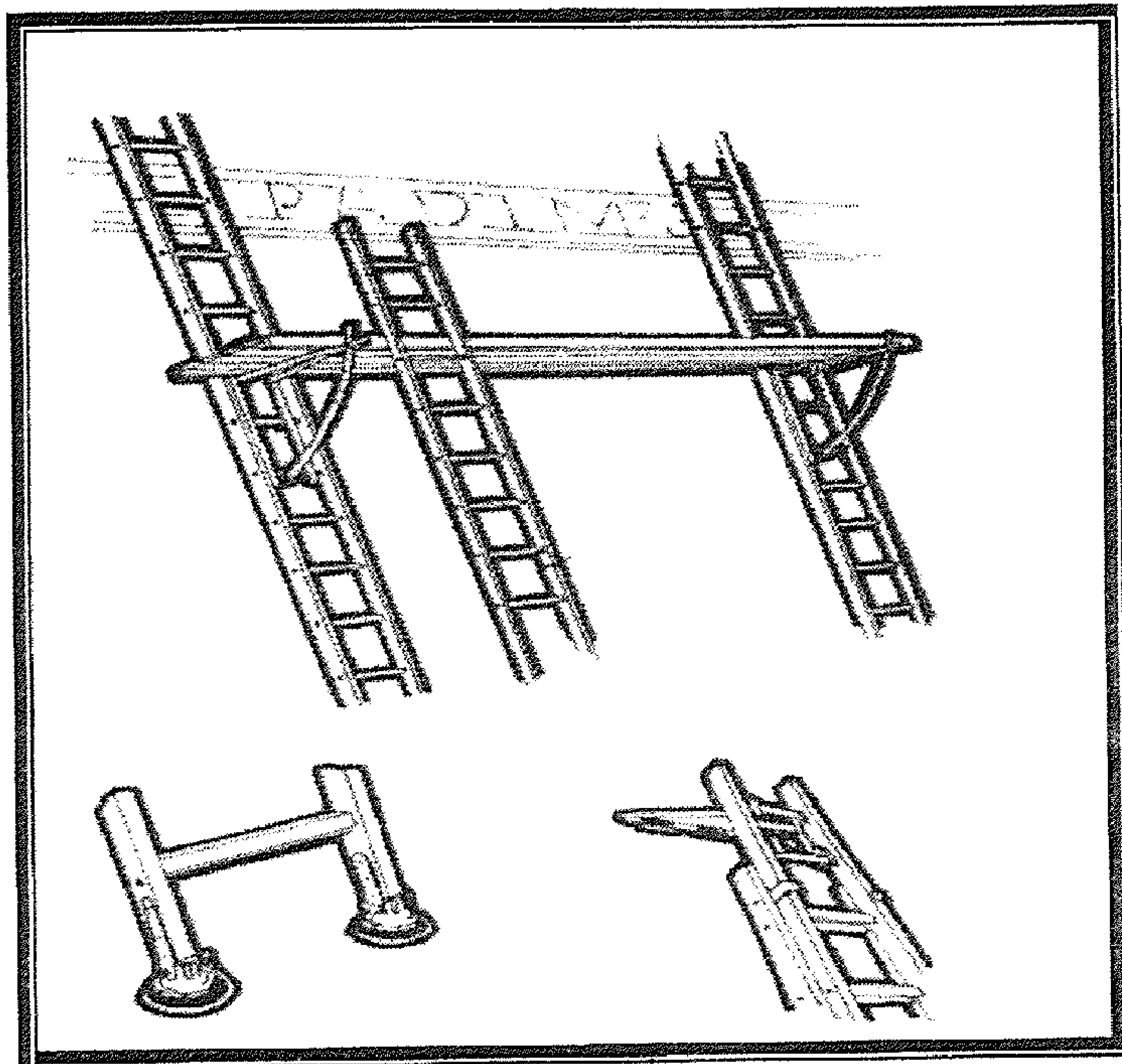

bark
roller
diagonal
roller
diamond
roller

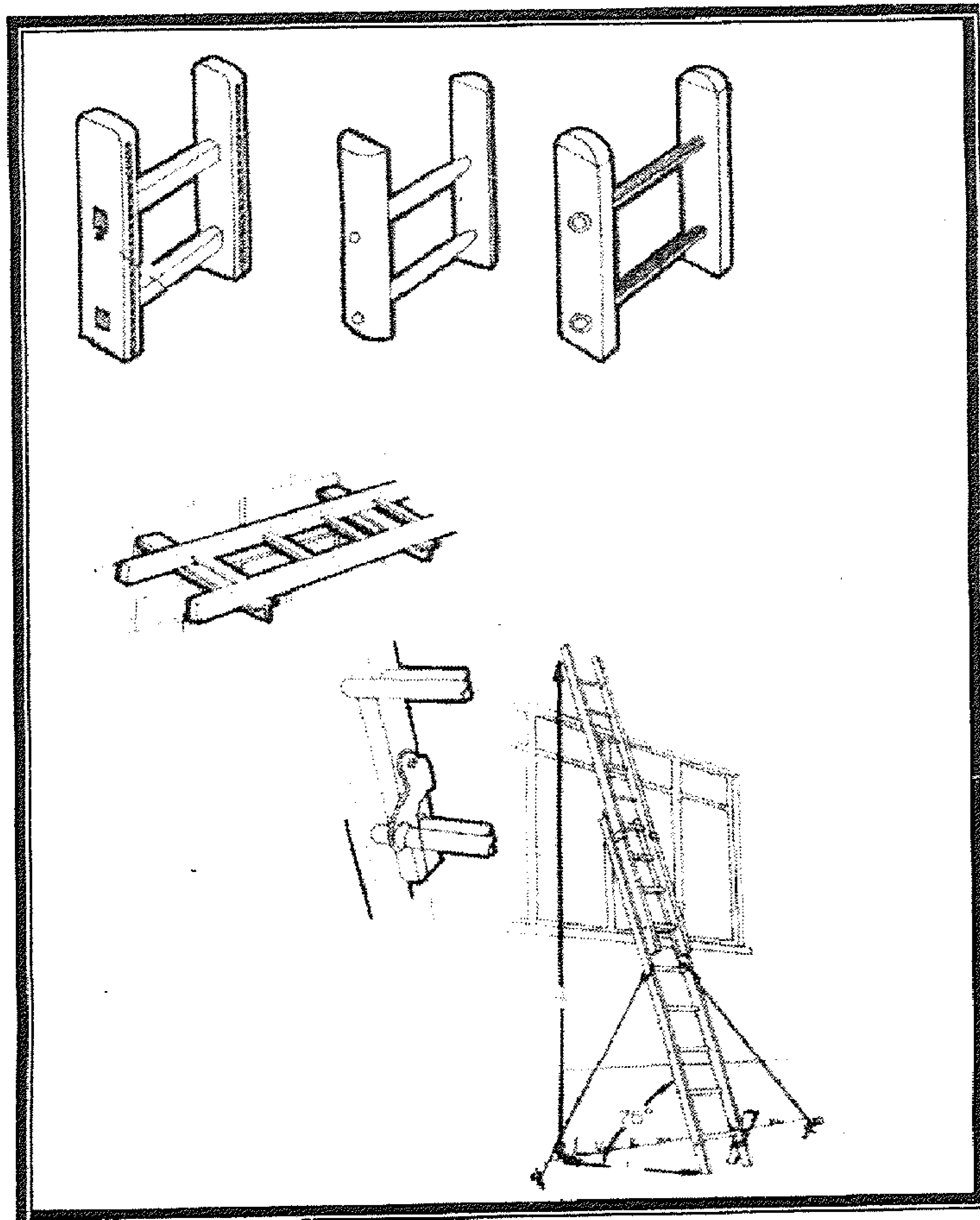


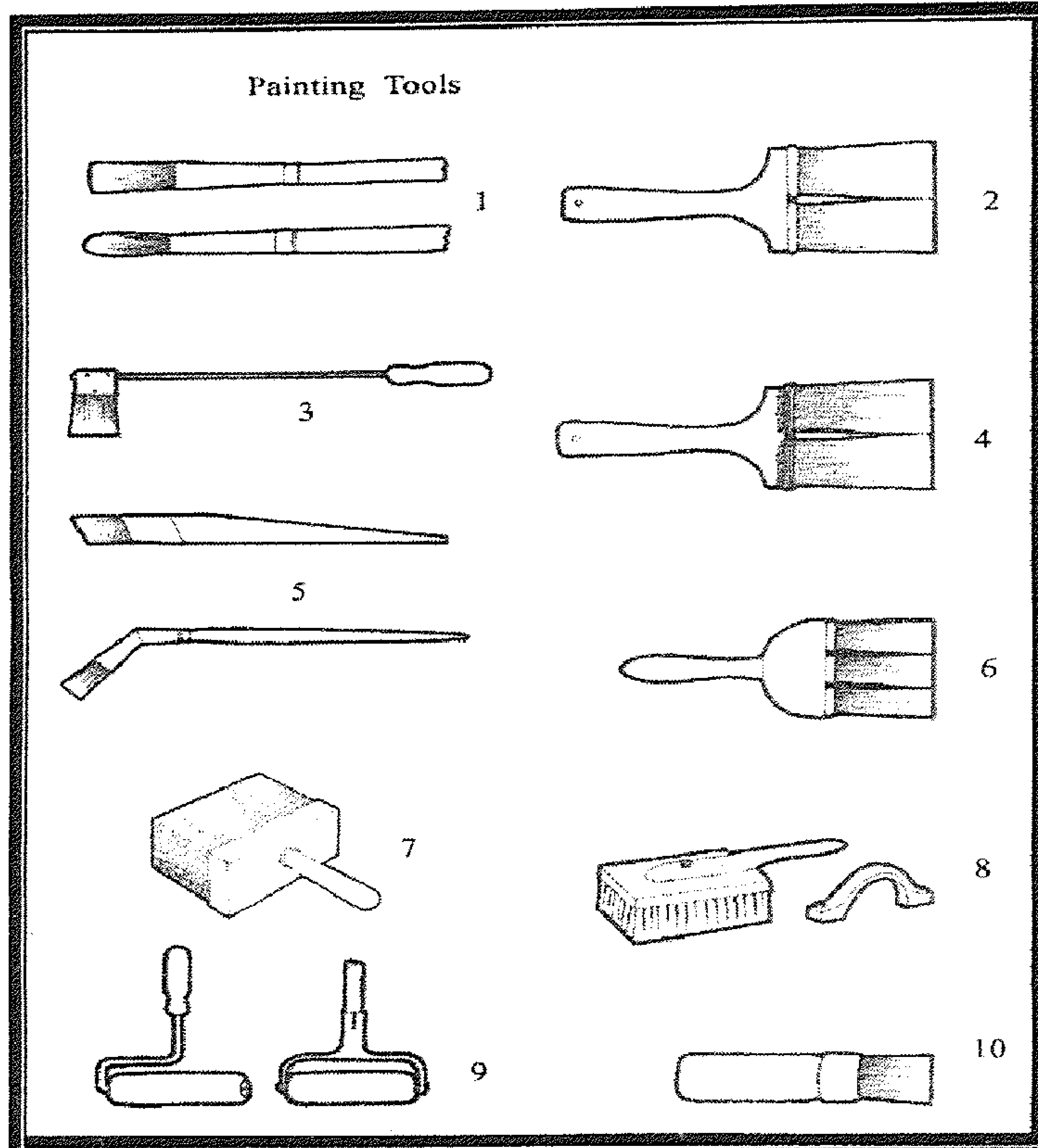


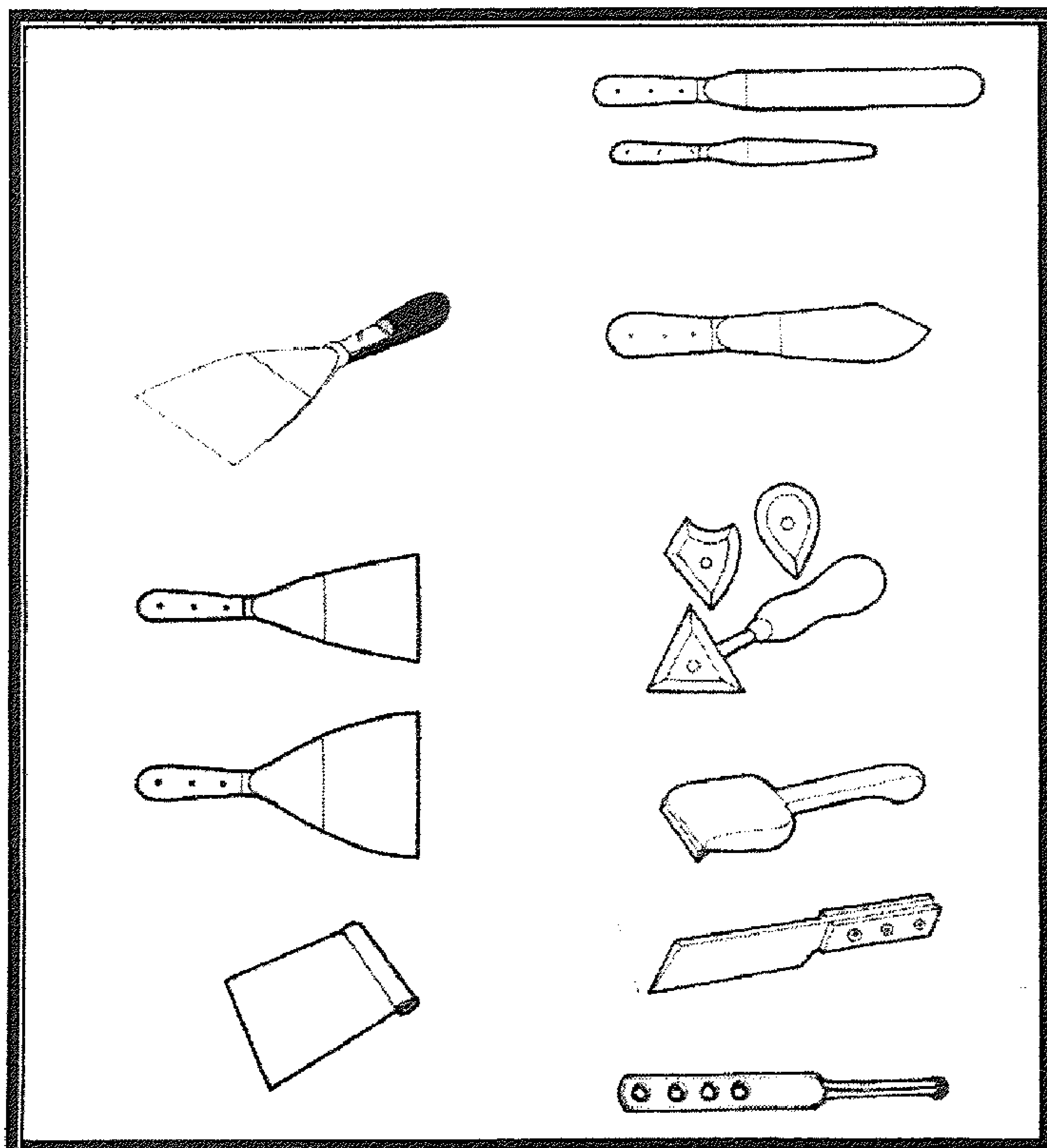









Painting Tools
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



14

الفصل الرابع عشر

المواد العازلة

المواد العازلة

مهما اختلفت أنواع المباني، سواء من حيث أحجامها أو سعتها أو الغرض منها،سواء من حيث وظائفها أو أهميتها، فإن جميع المباني التي تنشأ على سطح الارض أو تحت منسوب الأرض، تحتاج إلى عزلها عزلاً تاماً عن الرطوبة ومياه الترشيح ومياه المطر وكما تحتاج ايضاً إلى عزلها من جميع المؤثرات الطبيعية (كالحرارة والبرودة والصوت وصدى الصوتوعزل إشعاعي).

مفهوم العزل:

هو استخدام مواد معينة لحماية المبنى أو تقليل تأثير بعض العوامل الخارجية أو الداخلية المؤثرة سلباً على راحة المستخدمين.

مواد العزل:

قد تتواجد المادة العازلة الواحدة في اكثر من صورة (سائبة او شبه جاسئة او جاسئة) والتصنيف التالي طبقا للصورة السائدة استخدامها في مجال عزل المنشآت عموما.

ويمكن تقسيم المواد العازلة للحرارة فيزيائيا إلى الأنواع التالية:

المواد العازلة السائبة:

وهي عبارة عن مسحوق حبيببي أو عقدي يمكن سكبه على الأسطح المراد عزلها ويمكن تنفيذه على الأسطح الخشنة أو غير المستوية أو في ملئ الفراغات بين الحوائط المزدوجة. وفي هذه المواد يمكن خلطها بمواد رابطة لإنتاج ألواح جاسئة مثل الفيرميكوليت والبيرلايت.

المواد العازلة شبه الجاسئة:

يتكون هذا العازل من مواد عضوية أو غير عضوية لها درجات مختلفة من قابلية الإنضغاط وتكون عادةً في شكل أغطية (لفائف) أو لباد عازل ويستعمل معها حاجز ببخار الماء وقد تغلف من أحد الوجهين أو كلاهما برقائق ألومنيوم أو نحاس

أو بلاستيك أو الورق وقد تغطى بشبكة من الأسلاك المعدنية بتخانات وأشكال مختلفة ويمكن أعتبارها في بعض الأحيان مادة تشطيب نهائية ومن أمثلتها الصوف الزجاجي والصوف الصخري والصوف الخبثي والفلين الطبيعي.

المواد العازلة الجاسئة:

وهي تنتج على شكل ألواح ذات أبعاد مختلفة وتتكون هذه المواد من خلايا مغلقة مجوفة وتصنع من الزجاج والمطاط والبلاستيك ومن أمثلتها: الزجاج الرغوي والمطاط الممدد والبوليستيرين الممدد والبوليستيرين المشكل بالبثق.

المواد العازلة الرغوية:

وهي تنتج في شكل رغوي يمكن تنفيذها على الأسطح الأفقية المراد عزلها أو بالحقن في فراغات الحوائط المزدوجة ومن أمثلة هذه المواد رغوة البولي يوريثان ورغوة الفينول والخرسانة الخفيفة الرغوية.

المواد العازلة العاكسة:

تتكون من شرائح رقيقة متوازية أو رقائق ذات إنعكاسية مرتفعة وتتوقف خواص المواد العاكسة للحرارة على طريقة تصميمها وتركيبها على الأسطح الخارجية أو داخل الفراغات بحيث يتم تغليف أحد سطحى هذه الفراغات أو السطحين معاً بالمواد العاكسة للحرارة.

إحتياطات الأمان وإشتراطات التخزين:

إحتياطات الأمان:

نظراً لأن كثير من المواد العازلة للحرارة تكون مصدر خطورة على صحة الإنسان عند التخزين والتداول وتأتى خطورتها في سرعة الإشتعال أو قابليتها لنفاذية بخار الماء مما يجعلها بيئة مناسبة لنمو الفطريات والحشرات لذا يلزم إتباع إرشادات وتوصيا الجهة المصنعة عند تشغيل هذه المواد.

إشتراطات النقل والتخزين والتداول:

يجب مراعاة تعليمات الشركة المصنعة للمواد العازلة للحرارة بالنسبة للتخزين وتنفيذ الأعمال والحماية.

أنواع العزل:

أولا: العزل الحراري.

ثانياً: العزل الصوتي.

ثالثاً: العزل الصوتي والحراري.

رابعاً: العزل الرطوبي.

أولا: العزل الحراري:

وهي تلك المواد أو تشكيلة المواد التي إذا استخدمت بطريقة مناسبة يمكن أن تمنع أو تقلل انتقال الحرارة بوسائل الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل – الحمل – الاشعاع) من الخارج إلى الداخل أو العكس سواء كانت درجة الحرارة مرتفعة أو منخفضة. وفائدة العزل الحراري انه يوفر المبنى المعزول من الحرارة الطاقة المبذولة لتسخينه أو لتبريده. كذلك يجعل درجة الحرارة الداخلية للمبنى متساوية وغير متقلبة ولجعل عملية العزل الحراري للمبنى اقتصادية يجب اختيار. العوامل الآتية بدقة:

- تكاليف المواد العازلة.
- تكاليف العمالة التي ستقوم بتركيبه.
- كمية توفير الطاقة للمبنى نتيجة تأثير العازل بعد تركيبه.
- تكاليف صيانة المواد العازلة.

1. التوصيل الحراري Conduction ويتم بانتقال الحرارة خلال المادة من الوجه البارد بمعدل ثابت ولايمكن أن ترتفع درجة الحرارة للوجه البارد أكثر من المصدر الأساسي له والقدرة على التوصيل ترجع سرعة انتقال الحرارة خلال

المادة فمثلا انتقال الحرارة خلال الحديد عالية إذا ماقورنت بمادة عازلة مثل الصوف المعدني أو الفلين.

2. الحمل الحراري Convection ويتم بانتقال الحرارة بواسطة الهواء المحيط بها حيث تنتقل جزيئات الغاز أو السائل من المناطق الساخنة إلى الناطق الباردة حاملة الطاقة الحرارية معها ويتصادم الجزيئات الباردة والساخنة تنتشر الحرارة خلال المادة في الحمل الطبيعي فالجزيئات الساخنة تقل كثافتها تصعد إلى أعلى ويحل محلها الجزيئات الباردة التي كثافتها أكبر وبذلك تتكون تيارات الحمل المعروفة بجانب ذلك يوجد الحمل القسري الذي يتأثر بحركة الهواء داخل المبنى.

3. الاشعاع الحراري Radiation ويتم بانتقال الحرارة بالاشعاع الذي لا يتطلب وسيط أو حركة هواء وهي الطريقة التي تنتقل بها حرارة الشمس إلى الأرض فنجد أن الحرارة تنتقل من المصدر الساخن إلى المكان الأقل برودة كما نلاحظ أن الأسطح العاكسة كمثل الرقائق المعدنية تعكس الاشعاعات الحرارية وتقلل من امتصاص الحرارة للأسطح المشيدة عليها، وللحد من انتقال هذه الحرارة يجب عزل المباني بغرض حمايتها من الحرارة المفقودة في فصل الشتاء والحرارة المكتسبة في فصل الصيف فنجد أن حوالي 25٪ من الحرارة المكتسبة تتسرب خلال الشقوق وفتحات الشبابيك وأبواب المبنى وأن حوالي 25٪ أخرى تتسرب خلال الزجاج أما باقي الحرارة وهي حوالي 50٪ فتتسرب مباشرة خلال أسقف وحوائط المبنى، ويتم انتقال الحرارة أساسا في حوائط المبنى بطريقة التوصيل الحراري وتعتمد كمية انتقال الحرارة على فرق درجات الحرارة بين سطحي الحائط وسمك الحائط ومساحة الأسطح المعرضة للحرارة والفترة الزمنية للمسار الحراري ومعدل التوصيل الحراري للمادة.

العوامل المؤثرة في مسار الحرارة:

يعتبر الحمل الحراري الاشعاعي من أهم الطرق في نقل الحرارة خلال مواد البناء ففي داخل المباني نجد كمية هائلة من الهواء المتحرك يتم نقل حرارته خلال مواد البناء بطريقة الحمل الحراري بالإضافة إلى الأسطح المصقولة والظاهرة

لحوائط مواد البناء تعكس الحرارة الآتية من أشعة الشمس بطريقة الإشعاع الحراري وعلى ذلك نجد أن العوامل التالية تلعب دورا هاما في مسار الحرارة من خارج المبنى إلى داخله:

1. قدرة توصيل مادة الأسطح المعرضة للخارج للحرارة مثل الحوائط والأسقف والأرضيات.....إلخ.
2. فرق درجات الحرارة المعرض لها وجهي الحائط الخارجي والداخلي
3. مساحة الحوائط الخارجية للمبنى.
4. المساحة الكلية المغطاة بالأبواب والشبابيك وكمية الحرارة التي تهرب من خلال شقوق الأبواب والشبابيك بالمقارنة إلى الحائط العادي.
5. معدل حركة الهواء داخل المكان المغلق في المبنى.
6. معدل التغيير الهوائي داخل المبنى.

يمكن تقسيم المواد العازلة بصورة أساسية كما يلي:

مواد عازلة غير عضوية: تتركب من ألياف أو خلايا كالزجاج والاسبستوس والصوف الصخري وسيلكات الكاليسوم والبيرلايت والفيرميكيولايت.

مواد عازلة عضوية ليفية: مثل القطن وأصواف الحيوانات والقصب أو خلوية مثل الفلين والمطاط الرغوي أو البولي ستايرين أو البولي يورثين.

مواد عازلة معدنية: كرقائق الألمنيوم والقصدير العاكسة.

أما الأشكال التي توجد عليها المواد العازلة فهي كما يلي:

مواد عازلة سائبة: وتكون عادة في صورة حبيبات أو مسحوق تصب عادة بين الحوائط أو في أي فراغ مغلق كما يمكن أن تخلط مع بعض المواد الأخرى وهي تستخدم بصورة خاصة في ملء الفراغات غير المنتظمة.

مواد عازلة مرنة الشكل: وهي تختلف في درجة مرونتها وقابليتها للثني أو الضغط وتوجد عادة على شكل قطع أو لفات وتثبت عادة بمسامير ونحوه كالصوف الزجاجي والصخري ورقائق الألمنيوم ونحوها.

مواد صلبة: وتوجد على شكل ألواح بأبعاد وسماكات محدودة بالبولي يورثين والبولي ستايرين.

مواد عازلة سائلة: تصب أو ترش في أو على المكان المطلوب لتكوين طبقة عازلة وهذه مثل البولي يورثين الرغوي.

خصائص مواد العزل الحراري:

بالنظر الى متطلبات التصميم فإن اختيار مادة عازلة معينة يستلزم بالاضافة الى معرفة الخاصية الحرارية، معرفة الخصائص الثانوية الأخرى للمادة كامتصاص الماء والاحتراق والصلابة.. الخ.

الخصائص الحرارية: والمقصود منها قدرة المادة على العزل الحراري وعادة ما تقاس بمعامل التوصيل الحراري فكلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة للانتقال الحراري. فالمقاومة الحرارية تتناسب تناسبا عكسيا مع معامل التوصيل الحراري خلال المادة العازلة يتم عادة بواسطة جميع وسائل الانتقال المختلفة (التوصيل والحمل والاشعاع).

أما المواد العاكسة فهي لقدرتها العالية على رد الاشعاعات والموجات الحرارية تعتبر مواد فعالة في العزل الحراري بشرط أن تقابل فراغا هوائيا وتزيد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقالتها. وغالبا ما تكون المادة العازلة متكاملة مع الجدران والأسقف ولذا فلمعرفة المقاومة الكلية للانتقال الحراري لابد من جمع المقاومات المختلفة لطبقات الحائط أو السقف بما فيها مقاومة الطبقة الهوائية الملاصقة للأسطح الداخلية أو الخارجية.

وجمع هذه المقاومات يشابه تماما جمع المقاومات الكهربائية، فهي إما أن تكون على التوازي أو التسلسل ويعتمد هذا على تركيبة المواد في الحائط أو في السقف. وإضافة الى ما ذكر من خصائص حرارية فإن هناك خصائص أخرى كالحرارة النوعية والسعة الحرارية ومعامل التمدد والانتشار والتي لابد من معرفتها لكل مادة عازلة.

الخصائص الميكانيكية: بعض المواد العازلة تتميز بمتانة وقدرة على التحميل. ولهذا فيمكن أحيانا استخدامها للمساهمة في دعم وتحميل المبنى وذلك إضافة الى هدفها الأساسي وهو العزل الحراري. ولهذا ينظر الى قوة تحمل الضغط والشد والقص..الخ.

الامتصاص:

وجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة في المادة العازلة يقلل من قيمة العزل الحراري للمادة أو يقلل المقاومة الحرارية، كما أنه قد يساهم في إتلاف المادة بصورة سريعة، وتأثير الرطوبة على المادة يعتمد على خصائص المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذ، كما يعتمد على الأجواء المناخية المحيطة بها كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة.. الخ. اما الخصائص التي يقاس بها مدى تأثير المادة بالرطوبة فهي الامتصاص والنفاذية.

الأمان والصحة:لبعض المواد العازلة خصائص معينة منها ماقد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين أو أثناء النقل أو التركيب أو خلال فترة الاستعمال فقد تتسبب في إحداث عاهات في جسم الإنسان، دائمة أو مؤقتة، كالجروح والبثور والتسمم والالتهابات الرئوية أو الحساسية في الجلد والعينين مما يستوجب أهمية معرفة التركيب الكيميائي للمادة العازلة. كذلك صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي.

الصوت: بعض المواد العازلة للحرارة قد تستخدم لتحقيق بعض المتطلبات الصوتية كامتصاص الصوت وتشتيته وامتصاص الاهتزازات لذا فإن معرفة الخصائص المرتبطة بهذا الجانب قد يفي بتحقيق هدفين بوسيلة واحدة.

إضافة الى ما سبق من خصائص فإن هناك خصائص قد تكون ضرورية عند اختيار المادة العازلة المناسبة كمعرفة الكثافة والقدرة على مقاومة الانكماش وامكانية الاستعمال وانتظام الأبعاد ومقاومة التفاعلات الكيميائية والمقاسات والسماكات المتوفرة..الخ. إضافة لكل ما سبق يلعب العامل الاقتصادي أخيرا دورا هاما في اتخاذ القرار، في سعر المادة العازلة له اثر كبير عند الاختيار.

ما هو القدر المناسب من المادة العازلة:يتم عادة اختيار نوعية المادة العازلة بالموازنة بين تكلفتها الاقتصادية ومدى تحقيقها للمتطلبات الرئيسية والثانوية ولكن هذا الاختيار لا يغني عن السعي الى تحديد السماكة المناسبة من المادة المختارة. يمكن تقسيم المباني من حيث نوعية وطريقة الاكتساب الحراري الرئيسي الى نوعين:

1. مباني معظم اكتسابها للحرارة يأتي من خلال القشرة أو الغلاف الخارجي للمبنى بمعنى أن متطلبات التبريد والتدفئة تتناسب بصورة تقريبية مع الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية. وتقع المساكن والمخازن عادة في هذا القسم نظرا لأن الحرارة المكتسبة من الخارج تفوق بكثير الحرارة الناتجة عن النشاطات المختلفة داخلها. ففي هذه المباني فإن زيادة العزل الحراري في الغلاف الخارجي للمبنى سيؤدي بالضرورة الى تقليل مقدار الحرارة المكتسبة أو المفقودة وهذا بالتالي يؤدي الى تقليل الطاقة اللازمة لإزالة ما يكتسب أو تعويض ما يفقد. ولتحديد السمك الأمثل للمادة العازلة في المباني من هذا النوع فإن الضابط الأساسي لهذا التحديد هو مقدار التكلفة الكلية وهي تساوي مجموع تكلفة المادة العازلة وتكلفة الطاقة اللازمة لتكييف المبنى.
2. مباني اكتسابها الرئيسي للحرارة يأتي من داخلها وهذه المباني يكون الاكتساب الرئيسي للحرارة فيها نتيجة للنشاطات المقامة داخلها كالمصانع أو نتيجة لضخامة عدد المستخدمين أو للحرارة الناتجة عن الاضاءة الصناعية كالمكاتب ونحوها. ففي مثل هذه المباني ولأن معظم الاكتساب لا يتأثر بشكل أساسي بالظروف الجوية الخارجية فإن زيادة سمك الطبقة العازلة لا يؤدي بالضرورة إلى تقليل تكلفة الطاقة بل قد يؤدي إلى زيادتها فضلا عن زيادة التكلفة الكلية. فزيادة سمك الطبقة العازلة يؤدي إلى احتباس الحرارة المكتسبة في الداخل من تراكمها فتزيد أحمال التبريد بصورة واضحة. لذا فالمباني من هذا النوع تحتاج إلى دراسة مستفيضة بواسطة الحاسب الآلي لتحديد سلوك المبنى الحراري على مدار العام باستخدام سماكات مختلفة من المادة العازلة ومن ثم الوصول الى السمك الأمثل.

أنواع المواد العازلة واستخداماتها:

يمكن أن توجد المواد العازلة على عدة صور ونأخذ بعضاً منها كأمثلة مستخدمة كالتالي:

1. اللباد (ألياف غير معدنية):

يوجد على شكل لفائف طويلة وسماكات مختلفة، وأغلب اللباد مغلف بالورق أو برقائق معدنية مزودة بإطار من الجانبين لمسك الجوانب، ويمكن أن تكون الرقيقة المعدنية على وجه واحد من تلك اللفائف، كما يمكن أن يكون أحد الأوجه مغلفاً بالورق المغطى بالأسفلت أو البيتومين ليعمل كحاجز للبخار أو الرطوبة أو طبقة من الورق الرقيق المثقب على الوجه الآخر وهو حالياً قليل الإستخدام.

وغالباً ما يصنع اللباد من مواد عضوية تشتمل على ألياف زجاجية. وكذلك يمكن توفير الألياف السليولوزية على هيئة اللباد. ويوضع اللباد على الحائط الداخلي للبناء، وغالباً ما يستخدم في عزل الأسقف والحوائط.

2. حبيبات الحشو الخفيف (مواد مسامية طبيعية):

وتتكون هذه المادة العازلة من حبيبات صغيرة، وعند استخدام عزل الحبيبات فإن معدات الشفط الموجودة في الناقلات الحاملة لهذه المادة العازلة تقوم بشفط الحبيبات وتوجيهها للمكان المطلوب عزله حيث يتم بثقها.

3. سائل رغوي مبثوق (مواد خلوية عضوية):

توجد هذه المادة بنوعين: أحدهما: ألياف غير عضوية من النوع اللاصق، والثاني: يكون مبثوقاً حيث يتصلب بعد بثقه بفترة وجيزة ويتركب النوع غير العضوي من ألياف الصوف المعدني. ويتم تركيبه بواسطة آلات خاصة مصممة لهذا الغرض، أما النوع الثاني فيتكون من عبوتين مناسبتين لأغراض الرش (البثق).

4. الألواح الصلبة أو الشرائح (مواد رغوية غير عضوية):

وهي واسعة الانتشار، وتستخدم في المباني لعزل الأسطح والخرسانات الرغوية.

وتصنع المواد العازلة كما يلي:

1. الألياف الزجاجية Fiber Glass:

تكون المواد الأولية لمادة الزجاج الليفي والذي يطلق عليه أيضاً اسم الصوف الزجاجي أو الزجاج الليفي من الرمل والصودا وبعض الإضافات الأخرى التي يتم مزجها ومن ثم صهرها في فرن عند درجة (1400°) س حيث تنتقل بعدها إلى جهاز الغزل لتحويلها بطريقة الطرد المركزي إلى آلياف معدنية دقيقة. ثم يجري بعدهامعالجة الألياف بمادة رابطة راتنجية (Binder) ويتم إنتاج الزجاج الليفي بسماكات وكثافات وأشكال مختلفة تُشبه الصوف الصخري.

ويتميز الزجاج الليفي بمقاومته الكبيرة للإحتراق وقدرته على عزل الصوت ويُنصح بإستخدامه في المباني الحديدية. وهي مادة مشابهة لمادة الصوف الصخري حيث أن لها معامل إمتصاص ماء ورطوبة عادلي وقوة تحملها للضغط منخفضة جداً.

2. الصوف الصخري Rock wool:

يتم صناعة الصوف الصخري من الصخور الطبيعية، ويمكن صناعتة أيضاً من خبث الحديد أو النحاس أو الرصاص بدلاً من الصخور الطبيعية كمادة خام. ويتم صهر الخبث باستخدام الفحم كوقود، ويغزل الصوف الصخري في ألياف بصب المادة المنصهرة في وعاء دوار.

وتجفف الألياف بواسطة البخار وتبرد بسرعة لدرجة حرارة الغرفة. ويتم رش تلك الألياف مع مادة صمغية من الفينيل والتي تعمل كرابط (Binder) وتُضغط، ثم يتم معالجتها بتمريرها في فرن، ويتم تقطيع الشرائح الناتجة بالحجم المناسب، ويمكن إضافة مادة أخرى هي الزيوت المعدنية لتقي السطح ضد الأترية

والمياه، ولا تتأثر خواصها من حيث الثبات ومقاومة الحريق بمرور الوقت أو تغير درجات الحرارة.

تتميز مادة الصوف الصخري بمقاومة عالية للحريق وقدرة عالية على عزل الصوت ويُعيبها قابليتها العالية لامتصاص الماء والرطوبة والمقاومة الضعيفة جداً للإنضغاط.

3. البوليسترين الممدد البوليسترين المشكل بالقولبة Expanded or Molded Polystyrene :

يُعتمد في إنتاج مادة البوليسترين على عملية البلمرة لمادة الـ "ستايرين" الخام وهي مركب كيميائي عضوي من مشتقات البترول. ولصناعة البوليسترين يتم معالجة هذه الحبيبات حرارياً وبوجود مادة محفزة. ثم يجري خلط المركب بالماء الساخن وكميات من غاز الميثان (المساعد للتمدد) وهو مايسمى بعملية البلمرة. ينتج عن عملية البلمرة هذه حبيبات صغيرة من البوليسترين تكون مشبعة بغاز الميثان. ويتم تصنيع مادة العزل الحراري من البوليسترين الحبيبي الممدد على ثلاثة مراحل وهي مرحلة التمدد الأولي للحبيبات ثم مرحلة إنضاج الحبيبات الممددة ثم أخيراً مرحلة القولبة والتي يجري فيها تعبئة قوالب الإنتاج النهائي بالحبيبات الممددة ثم يتم حقن الحبيبات الممددة في القوالب المغلقة ببخار الماء والذي يعمل على تتمدد الحبيبات وعلى تجميع سطوحها مما يؤدي إلى إلتحامها.

4. البوليسترين المشكل بالبثق Extruded Polystyrene:

تعتمد صناعة هذا النوع من البوليسترين على المادة الناتجة عن عملية بلمرة الستايرين والمتمثلة في حبيبات البوليسترين وتتم عملية التصنيع بوضع المادة الخام أولاً وتمييعها بالحرارة في جهاز البثق ومن ثم خلطها بمادة رافعة (نافخة) غير ضارة بطبقة الأوزون (HCFC) ثم يجري بعدها الإستمرار في عملية بثق المادة المضغوطة من الجهاز إلى الجو الخارجي على شكل مادة لدنة ويمتاز البوليسترين المشكل بالبثق في تركيبه الخلوي بدرجة عالية من التجانس وبخلاياه المغلقة وبقدرة عالية في العزل حيث أن معامل التوصيل الحراري لهذه المواد يُعتبر منخفض

جداً ويُنصح باستخدامها في المناطق المعرضة للماء أو الرطوبة دون الحاجة لاستخدام مواد أخرى لحمايتها من الماء أو الرطوبة وكما هو مستخدم في نظام السطح المقلوب الوارد ذكره لاحقاً وذلك لمقاومتها الكبيرة لإمتصاص الماء والرطوبة.

5. مادة البوليوريثين Polyliurethene:

هناك نوعان من مادة البوليريثين الرغوي يجري إنتاجهما لأغراض العزل الحراري والصوتي وهما البوليوريثين المرشوش وألواح البوليوريثين الصلبة (البوليوريثين المرن والبوليوريثين الجاسيء) ويتم إنتاج النوعين عن طريق تفاعل كيميائي بين كل من مادة الأيزوسيانيد مع مادة راتنيجية سائلة مثل الهيدروكسيل مع إضافة مواد محفزة وغازات نافخة مثل الفلوروكربون وتعتمد نوعية وجودة المادة المنتجة من البوليورثين على نوع المادة الراتنيجية المستعملة وكذلك المواد الأخرى الداخلة في عملية التصنيع مثل غازات النفخ، المواد المحفزة والمواد المعيقة للإشتعال.. إلخ.

ويوصى عند تركيب مادة البوليوريثين في الأسطح (الأسقف) أن يتم تركيبها باستخدام النظام التقليدي المذكور لاحقاً بحيث تكون الألواح العازلة للحرارة تحت طبقة العازل المائي وذلك لحمايتها من الماء والرطوبة. وعند رش البوليوريثين في الموقع فإنه يتطلب فريق من العمالة المتخصصة في عملية التنفيذ للحصول على طبقة متجانسة وبكثافة ثابتة ما للسماكة المطلوبة. وبعد إتمام عملية الرش يجب تزويد سطح البوليورثين بطبقة واقية (Coating) وذلك لحماية المادة من تأثير مياه الأمطار وأشعة الشمس الفوق بنفسجية.

وتستخدم تلك المواد لتغليف هياكل المباني، وبذلك يمكن الحصول على عزل لكامل هيكل المبنى مما يقلل من تأثير العناصر ذات التوصيل الجيد للحرارة.

ويعمل معظم مصنعي تلك المواد على وجود وسائل لهروب بخار الماء الذي يمكن أن يتسرب لمادة العزل، ويجب أن تُغطى بمادة غير قابلة للإشتعال عند إستخدامها كمادة عازلة للحرارة كما هو الحال في معظم إستخداماتها.

ويؤثر الزمن سلباً على تلك المادة، وتتناسب درجة الإنكماش أو التمدد مع درجة الحرارة والرطوبة ومدة التعرض للحالات القصوى.

6. البيرلايت الممدد Extruded Perlite:

ينتج البيرلايت الممدد كمادة عازلة على شكل حبيبات ممددة بيضاء اللون من هشيم المادة الطبيعية الصخرية المسماة البيرلايت وذلك بمعالجة المادة الأولية صناعياً بالحرارة مما يؤدي إلى تمددها ثم يتم تعريضها إلى درجات حرارة عالية ينتج عنه تميع السطح الخارجي للحبيبات ويتم إنتاج حبيبات البيرلايت الممدد بكثافات تتراوح بين 35 و240 كغم/م3 وتُستعمل الحبيبات كمادة عازلة للحرارة لملء التجاويف والفراغات في مجالات البناء. وتحتوي المادة على مسامات مفتوحة مملوءة بالهواء فهي عرضة لإمتصاص الماء بنسب عالية ولذلك يتم أحياناً معالجتها بمادة السليكون للتقليل من عملية إمتصاص الماء والرطوبة ويمكن خلط البيرلايت الممدد مع الإسمنت ليعطي خرسانة خفيفة عازلة وبأشكال مختلفة.

7. الخرسانة الخلوية:

وهي خرسانة خفيفة منخفضة الكثافة بسبب حجم الخلايا والمسامات الهوائية الموزعة فيها والتي يتم إنتاجها عن طريق إضافة مسحوق أو محلول على شكل خليط يتفاعل بوجود الماء ضمن الكتلة الخرسانية الطازجة أثناء عملية الخلط، ويعتبر مسحوق الألمنيوم المضاف لخلطة الخرسانة من أهم وأكثر المساحيق المستخدمة لإنتاج الخرسانة الخلوية حيث يتم إضافة مسحوق الألمنيوم إلى الإسمنت والرمل والماء في خلاطة مركزية. وبعد المزج مباشرة يتم صب الخليط الذي يكون على شكل عجينة سائلة في قوالب حسب المقاس المراد في التصميم.

ويحدث تفاعل الألمنيوم مع الجير وتتفاعل الومينات الكالسيوم وغاز الهيدروجين لتكوين الخلايا المسامية في الخرسانة، كما يمكن إضافة مادة هايدروكسيد الصوديوم للتعجيل في عملية توليد الهيدروجين اللازم لتشكيل الخلايا المسامية. وقد سجل هذا الاختراع في السويد عام 1929م ويوجد في أسواق المملكة تحت مسمى سيبوريكس. وتتراوح كثافة الخرسانة الخلوية بين (200 إلى

1400) كجم/م3. وتنقص مقاومة هذا النوع من الخرسانة للكسر. وتزيد موصليتها للحرارة مع زيادة كثافتها. كما يجب معالجتها للحد من امتصاصها للرطوبة.

8. الزجاج الرغوي:

وهو من المواد الخاملة ويتكون من الزجاج الصافي الذي لا يحتوي على أي مواد رابطة بين جزيئاته وهو مصنف من نوع المواد العازلة ذات التركيب الخلوي وتصل كثافته إلى (140 كجم/م^3)، وتبلغ موصليته الحرارية إلى (0.55 وات/م.سْ) فقط عند درجة حرارة (20ْس) ورغم احتوائه على مسامية عالية من الفراغات الهوائية إلا أنه يمتاز بمقاومة ميكانيكية عالية للكسر والشد والثني والقص وهو غير منفذ للماء وغير قابل للإحتراق ومجال ثباته الحراري هو بين (-260° م) و)(430ْ+ م). ويمكن استخدامه في الأماكن التي لا تزيد درجة حرارتها عن (250 مْ).

9. الألياف النباتية:

تعمل من الخشب وتعالج لكي تكون مقاومة للحرائق وامتصاص الماء.

10. الفلين:

ويعمل من لحاء الشجر ويستخدم على شكل ألواح في الحوائط التي تحتاج إلى عزل وقد تستخدم على شكل مسحوق.

11. المواد العاكسة العازلة:

حيث يتم فيها العزل عن طريق عكس الحرارة عن الوجه العاكس وليس بطريقة التوصيل الحراري المعتادة، ومن هذه العواكس: الألمنيوم وصفائح الفولاذ والورق العاكس والدهان العاكس. وتستخدم هذه المواد على السقف والجدران الخارجية العمودية.

12. ألواح البولي كاربونيت المموجة :(Thepolycarbonatesheets)

تصنع من مادة البولي كاربونيت الخفيفة الوزن، وتشكل على هيئة ألواح من طبقتين أو ثلاث طبقات حتى تصلح لأغراض العزل الحراري وتصبح قادرة على تحمل الصدمات، وتستخدم غالبا في الأسقف.

13. إستروفويل" أغشية عازلة جديدة (Reflective insulating material):

تتكون من طبقتين من رقائق الألمنيوم العاكسة بينها فقاعات هوائية مصنوعة من مادة البولي إيثيلين، وتقوم هذه المادة بعكس أشعة الشمس عن المبنى في الصيف وتحتفظ بالحرارة داخله في فصل الشتاء، وتساعدها في ذلك الفقاعات الهوائية التي تمنع انتقال الحرارة خلال الحوائط، ومن فوائدها أيضا أنها عازل جيد ضد تسرب الماء والهواء مما يؤدي إلى المحافظة على الطاقة داخل المنزل.

14. ألواح مؤخرة للحرائق(Fire retardant sheets):

هي ألواح تتميز بإطالة زمن مقاومة الحريق للمنتج الذي يصنع منها، وهي متوفرة بجميع المقاسات التي تسمح بتشكيل قطع الأثاث الداخلي والقواطع الداخلية والحوائط.

فوائد العزل الحراري:

1. ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية أثناء عمليات التبريد والتدفئة، بنسب قد تصل إلى 30– 40٪.
2. حماية العناصر الإنشائية للمبنى والمحافظة على الأثاث من تغيرات دراجات الحرارة.
3. رفع مستوى الراحة والسلامة الصحية لساكني المبنى.
4. تخفيض تكاليف شراء أجهزة التكييف والتدفئة من خلال تقليل سعتها.
5. التقليل من التلوث البيئي والانبعاث الحراري والضجيج.

معايير اختيار مواد العزل الحراري المناسبة:

1. أن تكون المادة العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض.
2. أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لنفاذ الماء وبخار الماء.
3. أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للإشعاع الحراري.
4. أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للاجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة التي تؤدي إلى التمدد والإنكماش المتبادل والمستمر الذي يتسبب في فقد بعض الخواص الميكانيكية الهامة لمادة العزل الحراري.
5. أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل المقاومة الانضغاطية ومعامل المقاومة للكسر.
6. أن تكون مقاومة للحريق.
7. ألا ينتج عنها أضرار صحية، وأن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن وغير قابلة لنمو الحشرات فيها.
8. أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل، قليلة القابلية للتمدد أو التقلص تحت تأثير العوامل الجوية والمناخية المحيطة.
9. أن تكون مقاومة للتفاعلات والتغيرات الكيميائية.
10. أن تكون سهلة التركيب.
11. أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية للدولة.

ثانيا: العزل الصوتي:

يتم عزل المباني لمنع إنتقال الصوت من مكان إلى آخر وذلك بسبب سهولة إنتقال الصوت عبر الأجزاء الخرسانية.

الصوت: هو أحد صور الطاقة وينتقل الصوت من مكان لآخر بواسطة أمواج ميكانيكية وأمواج تضاغط تحدث ذبذبات في الهواء أو المواد البنائية وتقاس بالميكروبار ويمكن التمييز بين صوت حديث شخصين وصوت موسيقى مثلا بواسطة الأذن الآدمية أو الأجهزة الصوتية وعلم الصوت Acoustics يصف مصدر الصوت وانتقاله والاحساس به ولكي ندرك مدى قدرة الانسان على الشعور بحاسة السمع في

البيئة المحيطة به يجب دراسة جهازه السمعي لتقدير ذلك ، ونظرا لأن الأصوات المستمرة والمتقطعة المحيطة بالانسان تمثل طاقة خاصة قد تؤدي إلى توتره العصبي وتؤثر على طريقة سلوكياته وتصرفاته لذلك كان علينا دراسة البيئة المحيطة بالانسان سواء خارج المبنى أو داخله دراسة معمارية وتنفيذية للتحكم في تهيئة مستوى الأصوات المناسبة لمعيشته وعمله وهذا لا يتم إلا بالتحكم في شكل الفراغ الداخلي للمبنى سواء في التصميم المعماري أو التنفيذي بجانب حسن اختيار أنسب المواد العازلة للصوت ووضعها في مكانها الصحيح مع ضبط تشطيبها. كل ذلك يساعد على الحد من الأصوات الخارجية الغير مرغوب وصولها للانسان بالاضافة الى التحكم في درجة مستوى الصوت الداخلي المناسب.

بعض مصطلحات الصوت:

سرعة الصوت: ينتقل الصوت خلال الهواء العادي في درجة حرارة 20 م بسرعة 340 مترا في الثانية على شكل موجات صوتية.

تردد الصوت Frequency:هو عدد الموجات الصوتية في الثانية الواحدة ويقاس بوحدة هيرتز

شدة الصوتIntensity: هو مسار الطاقة الصوتية في وحدة زمنية خلال وحدة مساحية ويقاس بوحدة وات/سم^2 فتردد الصوت يحدد نوعية الصوت أما شدة الصوت فتحدد كمية الصوت وعموما فإن مدى السمع عند الانسان يتراوح بين 20–20000 هيرتز.

امتصاص الصوت: عندما تقع موجة الصوت على سطح ما فإن كل طاقة الصوت تتوزع إلى ثلاثة اتجاهات رئيسية. جزء منها يدخل في السطح والجزء الثاني يمتص بالاحتكاك مع السطح والجزء الأخير ينعكس من السطح ويعتمد وجود صدى صوت على كمية فقد موجة الطاقة الصوتية نتيجة احتكاك الصوت بالسطح وهذا يمثل أهمية كبرى للصوت.

معامل امتصاص الصوت: هو النسبة بين الطاقة التي امتصت بواسطة السطح إلى الطاقة الكلية الواقعة على هذا السطح.

إنتقال الصوت: ينتقل الصوت على شكل موجات صوتيه خلال الأجسام الصلبة وكذلك ينتقل عبر الوسط الغازي حيث نستطيع تمييز اصوات النداء والضوضاء والموسيقى المنتقلة في الجو المحيط.

الجسر الصوتي (الوتر الصوتي): مصطلح يطلق على الاماكن التي تسمح بانتقال الصوت خلالها نتيجة تلف العازل اثناء التنفيذ او عدم تغطيتها اساسا وهو من عيوب تنفيذ اعمال العزل.

الصوت الناتج عن وقع الأقدام: يعتبر الصوت الناتج عن قرع الأقدام أكبر مثال على وجود هذه المشكله لذا وجب عزل المبنى ضد هذه الظاهر والتى تمثل انتقال صوت قرع الاقدام من الأدوار العليا إلى الأدوار السفلى في المبنى مسببة ازعاج.

معامل الضوضاء: وهي طريقة لتحديد مستوى شدة الصوت الذي لا يزيد عن البيئة الخاصة به. ودائما يحدد في عقود مواصفات المباني للتعبير عن أعلى مستوى للصوت في الفراغ ومنحنى معامل الضوضاء مصمم لإعطاء مستويات عالية للصوت على ترددات منخفضة آخذه في الاعتبار مميزات الأذن الآدمية لتخفيض الحساسية عند سماع الترددات المنخفضة لمستوى الضوضاء المسموحة بها للنغمات الصوتية بين 1200 هيرتز إلى 2400 هيرتز.

معامل تخفيض الضوضاء: وهو المتوسط الحسابي لامتصاص الصوت في مادة المباني على أربعة نغمات مترددة تبدأ من 250 إلى 2000 هيرتز ويحدد تخفيض الضوضاء بمجموع سمك المواد وطريقة تركيبها. كذلك يعتمد امتصاص الصوت على سمك المادة ونوع العازل الصوتي فنجد أن كبر المساحة المعرضة للصوت تؤدي إلى تصعيد الصوت في مسام المادة ويؤدي ذلك إلى زيادة معامل تخفيض الضوضاء أما اختيار مواد السقف العازل للصوت فيتحدد من عدة عوامل منها تخفيض الضوضاء لمادة السقف.

رتبة انتقال الصوت: وهي مقياس لانتقال الصوت خلال حائط ويعبر عنه بقيمة واحدة محدودة لكل مادة بحيث يقيس الاستجابة في المدى من 100 إلى 5000 هيرتز وفي هذا المدى أيضا يقارن الفقد الحقيقي بالنسبة للفقد العياري حيث الفقد الحقيقي لا ينبغي أن يقل عن 8 ديسيبل عن الفقد المعياري عند بعض الترددات الصوتية وعلى ذلك فالمقياس يستعمل خاصة لقياس كفاءة عزل المادة للصوت عند تردد صوتي مقداره 500 هرتز في مجال فقد انتقال الصوت للحائط أو الأرضية المراد قياسهم والتي تقدر عادة في حدود مجال أصوات المناقشات بين الناس.

الأساليب المعمارية في التحكم في مستوى الصوت:

1. أساليب تخطيطية بتحديد وضع مصادر الصوت مثل الشوارع وما في حكمها وربطها بالمباني والبيئة.
2. أساليب تصميمية لأشكال الفراغ الداخلي بالمباني.
3. أساليب تنفيذية باختيار مواد عازلة للصوت.

المواد المستخدمة في العزل الصوتي:

يستخدم في العزل الصوتي مواد انشائية خاصه مثل:

1. ألواح البوليسترين المنبثق.
2. ألواح الفلين.
3. ألواح من الجبس.
4. مونه رغويه خفيفه (الفوم).

طرق العزل الصحيح:

لضمان عدم انتقال الصوت ونفاذه خلال المواد العازلة يجب مراعاة عدة أمور رئيسية خلال تنفيذ أعمال العازل خصوصا عند استخدام ألواح البوليسترين المنبثق ومن أهمها:

1. استخدام مواد عزل معتمدة ومضمونة.
2. تغطية كافة السطح المراد عزله بالمادة العازلة.

3. عدم وجود فواصل كبيرة بين قطع المادة العازلة.
4. تسكير الفواصل بين القطع باستخدام شريط لاصق خاص.
5. تغطية العازل باستخدام شرائح خاصة تعمل على حمايته.

الاتصال بين الارضية والحائط:

من الأمور التي يجب ان تراعى أثناء تنفيذ اعمال العزل حيث لا يسمح بوجود اتصال مباشر بين الحائط المبني من الطابوق او المصبوب خرسانيا والارضية المبلطة حيث يجب الفصل بينها باستخدام نعلة راسية من العازل (وزره) تقوم بصد الصوت المنتقل افقيا عبر البلاط والذي بدوره ينتقل راسيا خلال الحائط وصولا الى الادوار السفلي.

أشكال العزل الصوتي في المباني:

1. منع انتقال الصوت في القواطع والجدران والسقوف من الخارج.
2. منع انتقال اهتزاز وأصوات المكائن.
3. طرق امتصاص الصوت والضوضاء في الداخل.

مواد العزل الصوتي:

1. وحدات جدارية عازلة للصوت (Acoustique tiles) بلاطات ممتصة للصوت، تتكون من وجهين غالبا وتكون محببة من الكوارتز الملون والملصق بالراتنج، وتتميز بقدرتها على التحمل وسهولة التنظيف ولا يمكن تشويهها بالرسم عليها.
2. ألواح الصوف الزجاجي (Panels of glass wool) يتكون اللوح من وجه من الصوف الزجاجي والوجه الآخر من ورق الألمنيوم المثقب الذي يقوم بامتصاص الصوت، ويمكن تركيبها في الحوائط والأرضيات والأسقف، وتستخدم في المباني التجارية والصناعية الجديدة أو التي تحتاج إلى تجديد.
3. ألواح من رغوة البلاستيك مثقبة أو محببة الوجه.
4. ألواح من مواد ورقية مضغوطة ومثقبة الوجه.

5. ألواح مربعة أو مستطيلة من الجبس مع ألياف في الوجه والداخل.
6. ألواح من ألياف المعادن مع مادة الإسمنت البورتلندي الأسود.

ثالثا: العزل الصوتي والحراري:

هناك بعض المواد التي يمكن استخدامها كعوازل للصوت والحرارة معا، منها:

1. ألواح الصوف الزجاجي: مصنوعة من الصوف الزجاجي المغطى بطبقة رفيعة من الزجاج تكسبها الصلابة، كما أن هذه الألواح لديها القدرة على مقاومة الرطوبة وسوء الاستخدام إذ أنها تخلو من المواد القابلة للصدأ، ويمكن استخدامها في مختلف أنواع المباني لعزل الجدران والأسقف.
2. ألواح العزل الحراري والصوتي (Thermal and acoustic sheets) تستخدم هذه الألواح دون الحاجة إلى تغطيتها من الداخل وتصلح خاصة لأسقف المصانع حيث تناسب جميع الأبعاد الكبيرة للإنشاء، وهذه الألواح تقاوم الغبار والرطوبة والتآكل حيث تغلفها طبقة حماية بلاستيكية ذات عمر طويل، وهذه الألواح نقية من المواد المشجعة على الصدأ.
3. البيرلايت: وهو عبارة عن صخور بركانية بيضاء اللون، ويعتبر البيرلايت من أفضل العوازل المستخدمة لصناعة وتخزين الغازات السائلة تحت درجات حرارة منخفضة جدا، كما أنه يعتبر عازل جيد للصوت ويعطي السطح مقاومة كبيرة للحرائق، ويستخدم البيرلايت لعزل الأسقف والجدران والأرضيات.

رابعا: العزل الرطوبي:

تحتاج جميع المنشآت إلى عزل مبانيها عزلا تاما من الرطوبة والمطر والمياه الجوفية والسطحية ورشحهما. فمن مساوئ تأثير الرطوبة ومياه الرشح على المباني أنها تساعد على تلف عناصر موادها الانشائية والبنائية مما يؤدي إلى قصر عمر المبنى بخلاف تعفن هذه المواد وصدور روائح كريهة منها للمنتفع بالمبنى مع تكاثر الحشرات والفئران وجلب الأمراض له كذلك.

مسببات الرطوبة *Causes of Dampness*:

1. اتجاه المبني:

الحوائط التي يصلها طرطشة المطر وقليل من أشعة الشمس تجعلها اكثر عرضة للرطوبة.

2. مياه المطر:

وتختلف كمية سقوطها من مكان إلى آخر فعادة مياه المطر تمثل خطورة على المباني الغير مجهزة بموانع للرطوبة نظرا لقدرة المياه على الاختراق المباشر لسقف المبنى وعناصره المختلفة ولذلك يجب عزل السقف والدروة والطبانة من الرطوبة. كذلك يمكن أن تخترق الرطوبة الحوائط الخارجية المعرضة للمطر الشديد أن لم يعمل لها عازل مناسب.

3. المياه السطحية:

وتتكون من الأنهار أو البحار أو البرك المتكونة نتيجة المطر أو السيول ففي بعض الأحيان تختلط هذه المياه بالتربة الأرضية وتكون مناطق من الطين المشبع بالمياه قرب أساسات لمبنى وقد تتسرب بعض هذه المياه داخل التربة وتتجمع مع المياه الجوفية وبذلك يزيد منسوبها وقد تصل هذه المياه إلى أساسات المبنى القريبة منها عن طريق الخاصية الشعرية الأفقية مما يهدد المبنى إن لم يعمل له عازل من تأثير هذه المياه.

4. المياه الجوفية:

وهي المياه المتكونة تحت سطح الأرض من خلال مسام تربتها إلى أن تستقر على منسوب يكاد يكون ثابت لكل منطقة وعلى ذلك فالتربة القريبة من المياه الجوفية تكون عادة مشبعة بالمياه ولا يفضل أن تخترق بدرومات المباني هذه المنطقة بدون عمل موانع للمياه فيها وإلا حدث البلل أو الفيضانات داخل هذه البدرومات.

5. صعود الرطوبة الأرضية:

تصعد الرطوبة من التربة الرطبة تحت المنشأ إلى أرضية الدور الأرضي أو البدومات في المباني عن طريق الخاصية الشعرية خلال مسام التربة والمواد البنائية المستعملة في المبنى.

6. التكثيف:

يحتوي الهواء البارد على كمية بخار أقل من الهواء الساخن وعلى ذلك فالرطوبة تترسب في الحوائط والأسقف والأرضيات عندما يبرد الهواء الساخن المحمل بالرطوبة وهذا ما يعرف بالتكثيف.

7. سوء صرف المياه في الموقع:

يحدث تجميع لمياه الصرف تحت المبنى إذا صعب صرفها من أراضي الموقع المنخفضة وخصوصا إذا كانت تربة الموقع غير منفذه للمياه وعلى ذلك يحدث رطوبة لهذه المباني المنشأة على تلك الأراضي.

8. التشييد الحديث:

الحوائط المشيدة حديثا تبقى في حالة رطبة لفترة معينة.

9. العمالة السيئة:

عيوب تقفيلات وصلات السقف والطبانة وجلسات الشبابيك والأجهزة الصحية والتمديدات... الخ حيث أن هذا يؤدي إلي السماح بنفاذ المياه داخل المبني وإحداث رطوبة، ومثال على ذلك إهمال عمل ميول الأسطح وتصريف الأمطار أو عملها بطريقة سيئة.

تأثير الرطوبة Dampness Effect of حالة غير صحية لمستخدمي المبني:

- عدم تماسك اللياسة في المباني.
- تمليح Efflorescence للحوائط والأرضيات والأسقف.
- فساد الأخشاب المستخدمة وانحناءها.

- تعريض الحديد المستخدم للصداء.
- أتلاف الدهان.
- تلف للتمديدات الكهربائية.
- تلف التكسيات للأرضيات والحوائط والأسقف.
- تكاثر الفطريات والبكتيريا في المبني.

مصطلحات العزل الرطوبي:

نفاذية المياه: وهو مصطلح يعبر عن مادة لها سماحية مرور المياه وبخارها من خلال مسامها بدون انقطاع.

منفذ المياه: وهو مصطلح يعبر عن مادة بها شقوق أو ثقوب أكبر قليلا من مسام الخاصية الشعرية والتي تسمح بمرور المياه من خلال مسامها وعكسها هي المادة الغير منفذه للمياه.

مقاوم للمياه: وهو مصطلح يعبر عن مادة بعض أو عدم وجود ثقوب أكبر من مسام الخاصية الشعرية وهذه المادة لا تسمح بنفاذ الرطوبة أو مرور المياه أو بخارها كما تعتبر المادة التي بها هذه الصفة عازلة للرطوبة.

مقاوم للبلل: وهو مصطلح يعبر عن مادة لا تبل ولكنها لا تنقل المياه خلالها بواسطة الخاصية الشعرية وحدها. والمياه يمكن أن تمر خلالها تحت ضغط هيدروليكي عالي وتعتبر المادة التي بها هذه الصفة عازلة للرطوبة أيضا.

عازل المياه: وهو مصطلح يعبر عن مادة غير مسامية للمياه أو بخارها فهي تمنع مرور المياه أو بخارها خلالها سواء كانت بضغط هيدروليكي أو بدونه وتعتبر المادة التي لها هذه الصفة شديدة العزل للرطوبة والمياه.

اختيار العزل المناسب:

لاختيار العزل المناسب يجب مراعاة الآتي:

- ما هو الغرض من العزل؟؟

عزل الرطوبة الأرضية أم عزل الرطوبة للقبو وما تحته أم عزل الحمامات أم عزل الأسطح والأسقف!

- ما هي طبيعة الأرض المقام عليها المبني ؟؟

رملية، صخرية، طينية جافة، طينية مشبعة بالمياه، ارض طينية أو رملية معرضة لتسربات مياه من مصادر محيطة بها ؟؟!!

- ما هو نوع المناخ ؟؟

جو معتدل الرطوبة خفيف المطر أو معتدل المطر أو كثير الأمطار وعالي الرطوبة، تساقط الثلوج ؟؟!!

الطبقات العازلة للرطوبة *Damp Proof Course*:

الغرض من الطبقات العازلة للرطوبة هو منع انتقال مسارات الرطوبة أو المياه من منطقة إلى أخرى. ويعتبر عزل الرطوبة هو الطريقة التي تمنع مرور الرطوبة أو المياه بين مواد البناء من انتشارها داخل المباني سواء كان مصدرها المباشر من المياه الجوفية أو مياه الرشح أو المطر أو كان مصدرها غير مباشر وذلك بانتقالها عن طريق الخاصية الشعرية المندفعة بالضغط الأسموزي من المصادر الرئيسية لها وتتجه حركة مسارات الرطوبة والمياه بين مواد البناء إلى أعلى في حوائط الأساسات والدور الأرضي وتتميز طريقة عزل الرطوبة Damp Proofing عن طريقة عزل المياه Water Proofing بوضع مادة عازلة للأخيرة تقاوم الضغط الهيدروستاتيكي المستمر Constant Hydrostatic Pressures.

ويجب وضع طبقة أفقية عازلة فوق الأرض في الحوائط التي لها أساسات تحت منسوب الأرض الطبيعية لمنع مسارات الرطوبة الأرضية المتجهة إلى أعلى من خلال أساساتها لأن عدم منع هذه الرطوبة سوف تعرض الحوائط التي فوق الأرض الطبيعية للترطيب والعفن واتلاف تشطيبات الحوائط الداخلية والخارجية لذلك يجب أن توضع الطبقة العازلة للرطوبة فوق سطح الأرض مستمرة على كل الحوائط وتكون على ارتفاع حوالي 15 سم فوق الرصيف وقد جرى العرف عند تشييد أعمال هذه المباني أن تقف عند هذا الارتفاع مؤقتا حتى يضع على جدران المباني الطبقة العازلة لها بجانب مطابقة وضع المبنى بقوانين التخطيط والتنظيم التابعة للمنطقة المنشأ عليها.

مواد العزل للرطوبة:

أولا: مواد عازلة مرنة *Flexible Materials*:

- الألواح المعدنية Metal Sheets.
- البيتومين Bitumen.
- السوائل العازلة Water Proofing Liquid.
- البولي ايثلين Polyethylene Membrane مواد عازلة مرنة.

1. الألواح المعدنية:

وهي ألواح تستعمل لشدة عزلها للرطوبة والمياه في الأسطح والحوائط والأرضيات وصناديق الزهور وخلافه والألواح المعدنية لها أشكال كثيرة منها:

- ألواح الرصاص:

يجب أن يكون سمك اللوح لا يقل عن 3 مم ويزن 19.5 كجم/م^2 يعتبر الرصاص مانع جيد للرطوبة والمياه وهو قابل للصدأ عند ملامسته أو دفنه في طبقة من مونة الجير أو الأسمنت وعلى ذلك يجب حماية فرخ الرصاص قبل استعماله بدهان وجهيه بالبتومين.

- ألواح النحاس:

يجب أن يكون سمك اللوح لا يقل عن 0.25 مم ويزن 2.28 كجم/م^2 ويعتبر النحاس مانع جيد للرطوبة والماء وهو مادة لدنة ومن صفاته قوة تحمله للشد العالي والانبعاج حتى عند هبوط المبنى الخفيف ومن عيوب هذه المادة أنها تصدأ وتتغير معالم سطحيها حيث يتحول الصدأ إلى لون أخضر أما استعماله في المباني فهو مثل أفرخ النحاستماما ويضاف إلى ذلك إمكان استعماله لتغطية السطح الجارجي للقباب والقبوات وخلافه لسهولة تشغيله.

- ألواح الألومنيوم:

وهي مادة لا تصدأ بالعوامل الجوية بسرعة ويمكن معالجتها بعملية الأنودة وكسبها ألوانا كثيرة ويسهل استعمالها كمادة عازلة لكسوة الأسطح الخارجية

للحوائط والقباب والقبوات نظرا لصيانتها الغير مكلفة وسهولة تركيبها بالضافة إلى ألواح الألومنيوم من أكثر الألواح المعدنية استعمالا في الوقت الحاضر نظرا لمقاومتها الشديدة للرطوبة الماء في المباني بخلاف ثمنها وخفة وزنها بالمقارنة إلى ألواح المعادن الأخرى.

- ألواح الحديد المجلفن:

لا تصدأ إلا بعد تلف الطبقة المجلفنة التي تغطيها ويستعمل دائما في تغطية النهايات.

- ألواح حديد الإستنلس استيل:

مقاومة للصدأ وتستعمل عادة في الأماكن الظاهرة للعين المجردة مثل تغطية النهايات للدراوي والأسطح وخلافه.

2. البتومين:

يصنع البتومين من ما تبقى من تقطير البترول الخام حيث يتراوح قوامه بين الصلابة وشبه الصلابة كما أن لونه يتراوح بين الأسود والبني وهو قابل للذوبان في كبريتيور الكربون ومن أشهر أنواعه المستعملة في العزل الرطوبي:

البتومين المنفوخ (المؤكسد): ينتج من خفض نسبة الهيدروجين إلى الكربون في البتومين المصهور مع انقاص الزيوت السائلة التي يحتويها بنفخ الهواء فيه مما يزيد من ليونته وقابليته للشد والثني.

البتومين المتصلد: ويتكون بتقطير البتومين تحت ضغط تفريغي لطرد الزيوت الثقيلة والمختلطة به فيتحول إلى حالة الصلابة ويستخدم لذلك عند وجود أحمال ميكانيكية عالية ودرجات حرارة منخفضة في نفس الوقت ويستبعد لهذا السبب استخدامه لعزل المنشآت العادية

معلقات بتيوميتية: وهي معلقات للبتومين تنتج من تفتيته تفتيتا زائدا في الماء وفي وجود عوامل مساعدة وعند استخدام هذا النوع في أعمال البناء ينفصل فيه الماء عن البتومين

يعتبر البتومين من المواد المرنة التي تقاوم انبعاج المباني نتيجة هبوط حوائطها الطفيفة بدون تلف كما يعتبر البتومين من أكثر المواد المستعملة في الوقت الحاضر في عزل الرطوبة نظرا لرخص ثمنه عن بقية المواد العازلة الأخرى بخلاف مرونته وسهولة استعماله ومقاومته لتكاثر الفطريات والسوس والنمل وخلافه.

أما الورق أو الخيش المشبع بالبتومين والمصنع في لفائف لغرض وضعه لتغطية سمك الحوائط فيجب أن يثبت بركوب 10سم على الأقل.

3. سائل عزل المياه:

يصنع هذا السائل من خلط مادة البرافين إلى الزيت الطيار حيث يدهن المخلوط السائل بالفرشاة أو يرش بماكينات الرش الخاصة على المناطق المنفذه للمياه أعلى منسوب الأرض ويمكن الاعتماد على هذه الطريقة لمنع الرطوبة من 3–5 سنوات حسب نوع المادة وكيفية تعرضها للرطوبة.

4. مشمع البولي ايثيلين:

وهو أسود اللون ولاستعماله كمادة عازلة للمباني يجب أن يكون سمكه لا يقل عن 0.46 مم ووزنه حوالي 0.48 كجم/م^2 ويعتبر البولي ايثيلين من المواد المرنة التي تقاوم الانبعاج المترتب على هبوط المباني الخفيفة بدون تلف ونظرا لرقة سمك هذا المشمع عن مادة البتومين لذلك يفضل وضعه في لحامات مونة المباني وكذلك في عزل الحمامات والأدشاش.

ثانيا: مواد عازلة نصف قاسية *Semi Rigid Materials*:

- الإسفلت Asphalt.
- لفات إسفلتية Asphalt Rolls.
- رقائق إسفلتية صغيره Asphalt Shingles مواد نصف صلبة.

1. الأسفلت:

وهو عازل جيد للزطوبة ومن عيوبه عدم قوة تحمله للشد العالي والنبعج وخصوصا عند هبوط المبنى الخفيف لأن الأسفلت ينشرخ ويتلف ويكون عرضه لتخلل المياه وعلى ذلك لا يفضل وضعه في الأماكن إلا بعد دراسة خاصة وللأسفلت أنواع كثيرة منها الأسفلت الطبيعي والصناعي والمستيكة.

2. لفائف الأسفلت:

تعتبر هذه النوعية ذات امكانية العزل والنهو معا فهي مصنعة من مادة أسفلتية وملصق بها مادة رقيقة جدا من المعدن مثل الألومنيوم أو خلافه وتوضع هذه المادة عادة لعزل الرطوبة والحرارة أيضا داخل الحوائط والأسقف أو على الأسطح النهائية.

3. قطع رقائق اسفلتية صغيرة:

وتوجد هذه الرقائق بأشكال وألوان مختلفة حيث توضع على بعض بركوب وهذه كثيرة الاستعمال على الأسطح المائلة نظرا لسهولة تركيبها ومقاومتها للرطوبة والأمطار بجانب ثمنها المناسب بالمقارنة للمواد الأخرى وقد تعتبر هذه المادة من النوعية ذات إمكانية عزل ونهو معا.

ثالثا: مواد عازلة قاسية *Rigid Materials*:

- بياض أسمنتي (لياسة) Cement Plaster.
- إضافات لعزل المياه Water Proofing Integral.
- ألواح الإردواز Slates.
- ألواح الاسبيستوس الصغيرة Asbestos Shingles.
- ألواح خشبية صغيره Wood Shingle.
- ألواح الاسبيستوس الأسمنتي Asbestos Cement Board.
- طبقات البلاستيك Plastic Laminates.
- القرميد Tiles.

ولكل مما ورد أعلاه مميزاته وعيوبه وطرق تركيبه.

1. بياض أسمنتي:

قد تعمل هذه المادة لتكون مواد عزل فقط أو مواد نهو وعزل معا وعلى ذلك فبياض الأسمنت يعمل غالبا بزيادة كمية الأسمنت في مخلوط الأسمنت والرمل ويوضع على حوائط الأساسات والبدرومات المعرضة للرطوبة الأرضية وغالبا يوضع هذا البياض على أساسات المباني في التربة العادية من طبقتين سمك كل منهما 0.6 سم ومن مساوئ هذه الطريقة أنه نظرا لتصلب هذه الطبقة فقد يحدث شروخ يمكن أن ترى بالعين المجردة ولذلك يجب أن تصلح وترمم باستمرار أما في حالة التربة المبللة جيدا يجب دهان البتومين على طبقة البياض الأسمني.

2. إضافات لعزل المياه:

خلط مواد إضافية أو سوائل مانعة للمياه للخرسانة لوقف نفاذية الماء فيها ويتم عمل ذلك بملأ الفراغات بين حبيبات الخرسانة بهذه المكونات لتمنع نفاذية المياه فيها كما تسرع من العملية الكيميائية لنشاط الأسمنت ومن بين هذه المواد الدائمة الاستعمال:

- الجير المائي.
- الدهن الحامضي.
- بودرة الحديد.
- مواد السيكا والسمنتون والمدسا والبدلو.

3. ألواح الإردواز:

استعملت هذه الألواح كثيرا عبر التاريخ لعزل الرطوبة قبل اكتشاف مادة البتومين والأسفلت وقد استعملت بوضع مدماكين من ألواح الارتواز داخل عراميس المونة الأفقية في المباني كمادة عازلة وتعتبر هذه الطريقة غير مستعملة في الوقت الحاضر نظرا لتكاليفها الباهظة بجانب مظهرها السيء ونظرا لصلابتها فغالبا يحدث فيها كسر عندما تهبط المباني.

4. ألواح الاسبستوس الصغيرة:

وهي اسبستوس صغيرة لها أشكال كثيرة تركب على الأسقف بركوب مناسب فوق بعضها وتعتبر هذه الألواح ذات امكانية عزل ونهو معا.

5. ألواح وشطف خشبية صغيرة:

وهذه المواد شائعة الاستعمال في الأسطح المائلة والحوائط وتستعمل بكثرة في البلاد الباردة لأن معالجة لمقاومة الرطوبة والمياه ويساعد وجودها على أسطح مائلة طرد المياه من عليها بسرعة والعيب الوحيد فيها أنها سريعة الاحتراق وعلى ذلك فتعتبر من المواد ذات امكانية العزل والنهو معا.

6. ألواح الاسبستوس الأسمنتي:

وهي مواد ذات امكانية عزل ونهو معا وتصنع من خلط الأسمنت البورتلاندي مع ألياف الاسبستوس التي تكون مبللة ثم تشكل وتضغط إلى ألواح وإنتاج هذا النوع يكون قوي ومعمر ومقاوم للحريق والمياه والأحماض والعفن والفطريات والحشرات وتستعمل هذه الألواح أحيانا في تكسية الأسطح المائلة وتمتاز بخفة الوزن والعزل الحراري ويصنع منها نوعين:

ألواح مموجة وتصنع بعرض 95 سم ويطول 1.2 – 1.5 متر وسمك 6مم.

ألواح مسطحة وتصنع بمقاس 1.20 × 1.22 متر وسمك 86 مم.

7. طبقة البلاستيك:

وهي مواد ذات امكانية عزل ونهو معا ولعمل طبقة البلاستيك للألواح الديكورية يغمس ورق الكرافت في محلول شمع الفيتول ثم يوضع فوق كل ذلك لوح من شمع الميلامين ولعمل الفورمايكا يوضع لوح رقيق من الألومنيوم تحت اللوح السابق عمله حيث سيزيل الحرارة بسرعة ويعمل طبقة رقيقة جدا لمقاومة اللهب وهذه الطبقة عازلة للمياه والحرارة معا.

8. القرميد المزجج:

وهي مواد ذات امكانية عزل ونهو معا ويصنع القرميد من مادة فخارية جيدة وتستعمل لتكسية الأسطح المائلة وهو جيد لعزل الرطوبة والمياه ويساعد وجوده على أسطح مائلة طرد المياه من عليها بسرعة ويعتبر القرميد من المواد المعمرة لحماية الأسقف المائلة من مياه المطر بجانب منظره الجميل ويمكن طلاؤه ببوية الأنامل بالألوان المطلوبة كما يوجد أنواع كثيرة منه أهمها:

- القرميد اليوناني.
- القرميد الروماني.
- القرميد الأسباني.
- القرميد السادة.

تطبيق عملي لعزل الرطوبة الأرضية:

لعزل الرطوبة الأرضية للحوائط توضع الطبقة العازلة لحوائط المبنى على ارتفاع 15 سم من فوق رصيف المبنى الخارجي مكونة من مخلوط الأسفلت الساخن والرمل بسمك يتراوح بين 1.5– 2 سم، ثم يوضع فوقها طبقة من مونة الأسمنت والرمل بسمك 1 سم لتكملة مباني حائط المبنى كما يمكن عزل هذه الحوائط بوضع طبقات من الخيش المقطرن ودهانها بالبتومين بدلا من طبقة مخلوط الأسمنت والرمل ويحدد ذلك تبعا لرطوبة التربة كالآتي:

- في المناطق التي تكون فيها التربة جافة تعمل الطبقة العازلة من طبقة واحدة من الخيش المقطرن ووجهين بتومين.
- في حالة التربة ذات الرطوبة البسيطة تعمل الطبقة العازلة من طبقتين من الخيش المقطرن وثلاثة أوجه بتومين بينهم.
- في حالة التربة ذات الرطوبة العالية تعمل الطبقة العازلة من 3 طبقات من الخيش المقطرن مع أربعة أوجه بتومين بينهم.

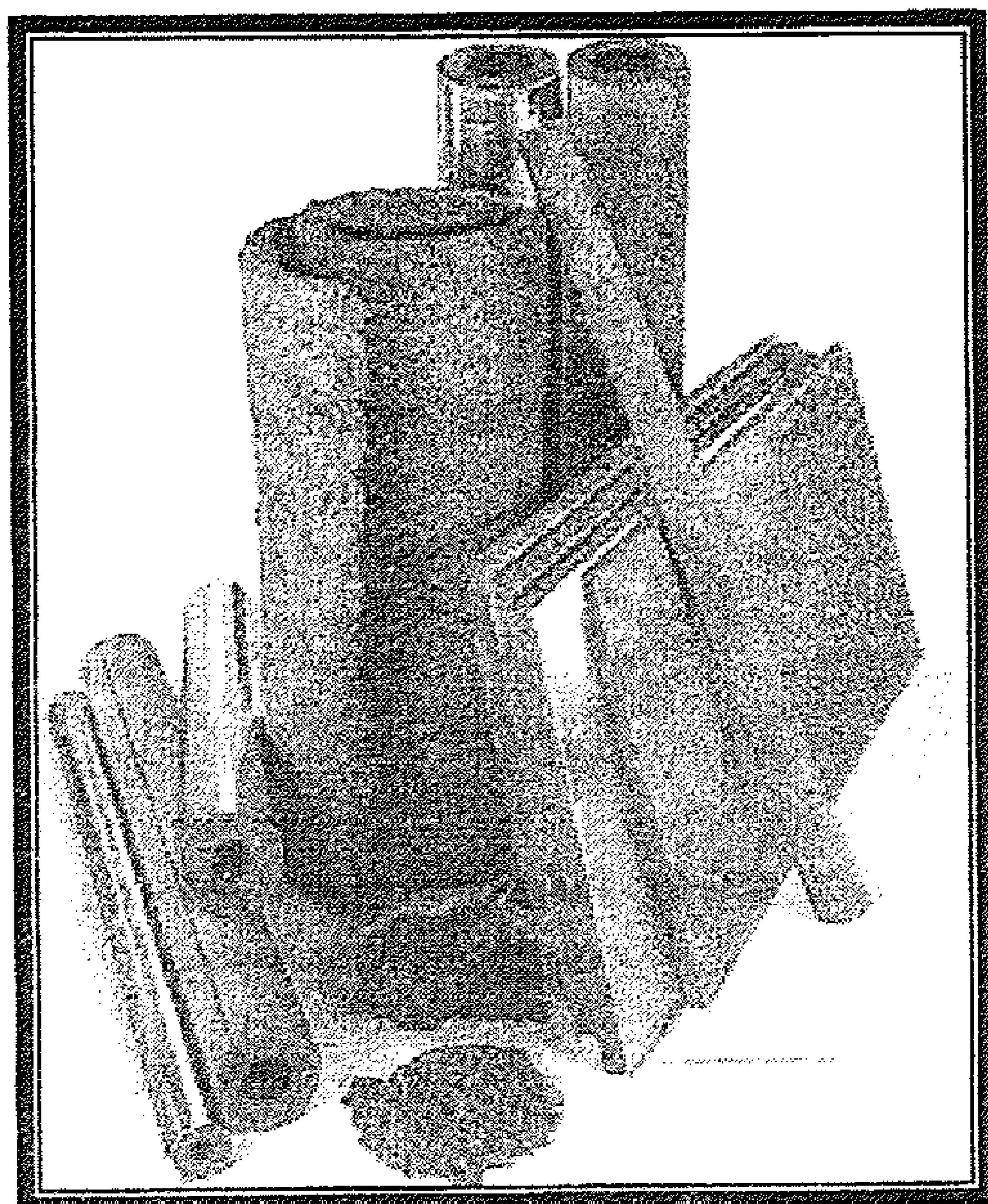
ولعزل الرطوبة الأرضية لأرضيات الدور الأرضي والبدرومات والحمامات وما شابه ذلك توضع الطبقات العازلة بعد صب الخرسانة العادية أو المسلحة لزوم

أعمال الأرضيات حيث يفرش فوقها مونة الأسمنت والزمل بسمك 2– 3 سم وذلك لضبط أفقيتها وتنعيم سطحها ليكون أملس ثم يفرش فوقها بعد جفافها طبقة من مخلوط الأسفلت والرمل بسمك لا يقل عن 2 سم ثم يوضع عليها طبقة الرمل سمك 3 سم ثم المونة 2سم ثم البلاط 2 سم وقد تصب طبقة من الخرسانة الفينو سمك 5 سم فوق الطبقة العازلة مباشرة لحفظها ثم يوضع على الأرضية التشطيبات اللازمة.

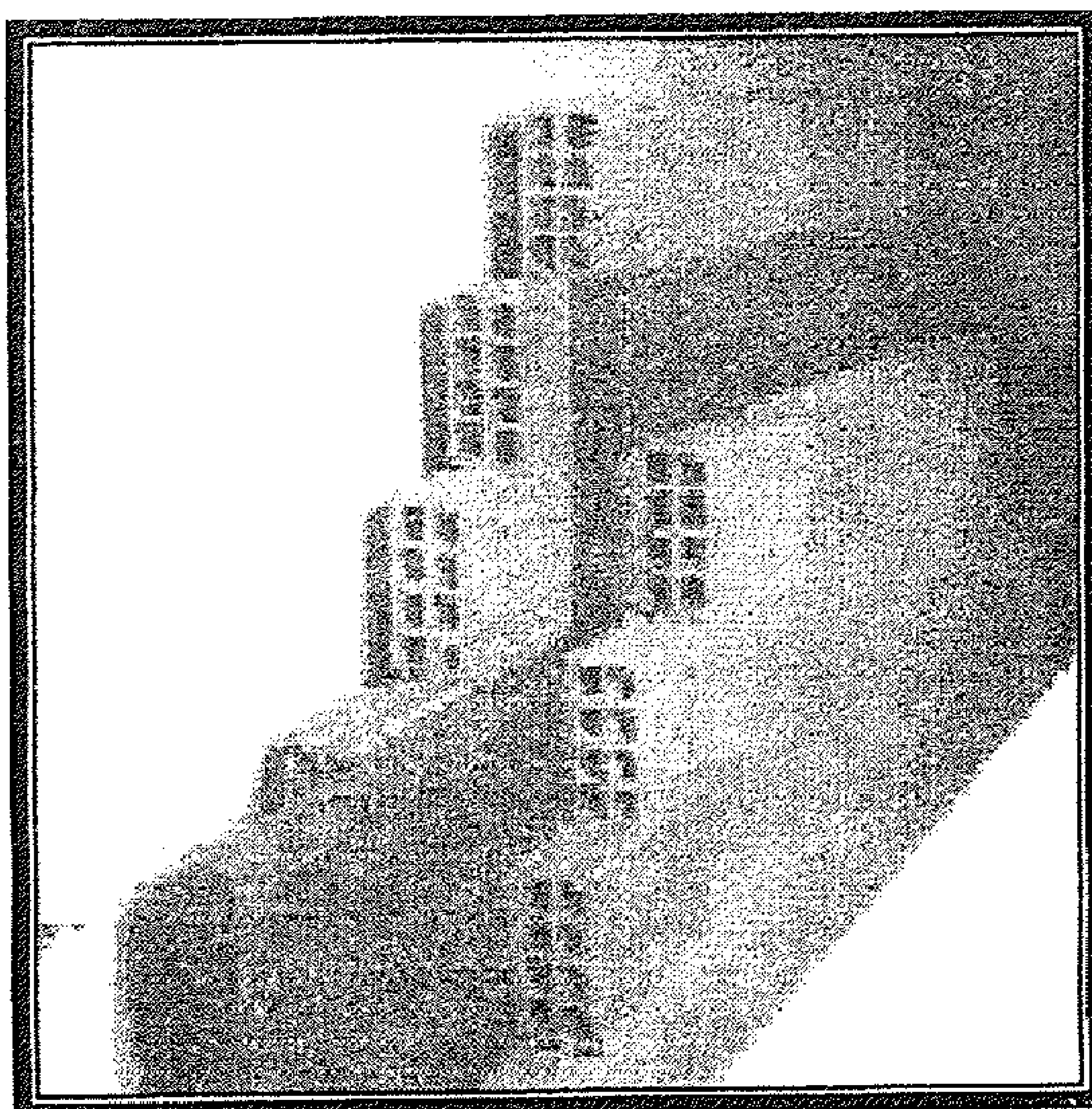
ويمكن عزل هذه الأرضيات أيضا باستعمال الخيش المقطرن والبتومين على أن توضع لفات الخيش المقطرن خلف خلاف.

تطبيق عملي لعزل الرطوبة بالأسطح الأفقية:

وطريقة عمل طبقات الأسطح الأفقية تتوقف على طبيعة الجو الذي سينشأ فيه المبنى وعموما فالطريقة الشائعة في مصر تتم بعمل مونة أسمنتية مكونة من 300 كجم أسمنت لكل 1م^3 لتسوية السطح وملأ الفراغات ةالنتوءات التي قد تكون موجودة في بلاطة الخرسانة المسلحة أو في أركان الدراوي ثم يدهن وجه بتومين ساخن على السطح كوجه تحضيري لتسهيل جودة الالتصاق ثم يفرش عليه طبقات من الخيش المقطرن مع عمل ركوب أو طيات بينهما بمقاس لا يقل عن 10 سم مع مراعاة رفع الخيش المقطرن رأسيا ولصقه بالبتومين على الدراوي العلوية بارتفاع 15سم ثم يدهن هذا السطح بالكامل بالبتومين الساخن ويوضع عليه طبقة أخرى من الخيش المقطرن متعامدة على الطبقة السابقة مع رفع هذه الطبقة أيضا على الدراوي بارتفاع 15 سم ثم يدهن وجه أخير من البتومين الساخن بالكامل ويرش عليه الرمال لحين تصلبه ثم يصب عليه خرسانة الميول وتكون عادة بسمك 3 – 7 سم ثم يوضع عليها الرمل 2 سم والمونة 2 سم والبلاط الأسمنتي 2 سم كما يمكن عمل (بريقة) أو تستيكه أسمنية بدلا من وضع البلاط في كلتا الحالتين يجب عمل ميول كبيروذلك لسهولة صرف مياه المطر من السطح مع عمل مرازيب لطرد المياه المتكونة في السطح إلى الخارج.



صوف صخري



المصادر والمراجع

المراجع العربية:

1. مواد البناء وطرق الإنشاء في المباني: المهندسان توفيق أحمد عبد الجواد/ محمد توفيق عبد الجواد. مكتبة الانجلو مصرية.
2. هندسة التصميم الداخلي والديكور/م علي العمايرة دار الأمل للنشر.
3. خرسانة مسلحة جديدة/ترجمة د. محمد علي الأوسي/الجامعة المستنصرية.
4. فن البناء المعاصر/د. محمد زكي حواس/عالم الكتب/القاهرة.
5. تكنولوجيا الخرسانة/ابراهيم علي درويش /منشأة المعارف الاسكندرية.
6. الإنشاء المعماري /د. عبد الغني الشهابي مديرية المطبوعات والكتب الجامعية.
7. أسس وأساليب ضبط الجودة والسيطرة النوعية للمواد المستخدمة في الإنشاءات (الفحوص المخبرية) د. م زهير محمد سمارة عمان.
8. هندسة الاساسات والجدران الاسيتنادية/اعداد المهندسان محمد أيمن قتلان وفواز التيناوي.
9. تكنولوجيا الخامات في التصميم الداخلي/أ. عدلي عبد الهادي و أ. محمد عبدالله الدرايسة/مكتبة المجتمع العربي.
10. حساب الكميات والمواصفات/أ. عدلي عبد الهادي وأ. محمد عبدالله الدرايسة/مكتبة المجتمع العربي.
11. مواد البناء /م. أحمد حسين أبو عودة/مكتبة المجتمع العربي.

الموسوعات:

1. الموسوعة العربية.
2. الموسوعة الحرة.
3. الموسوعة الهندية.

المنتديات الإلكترونية:

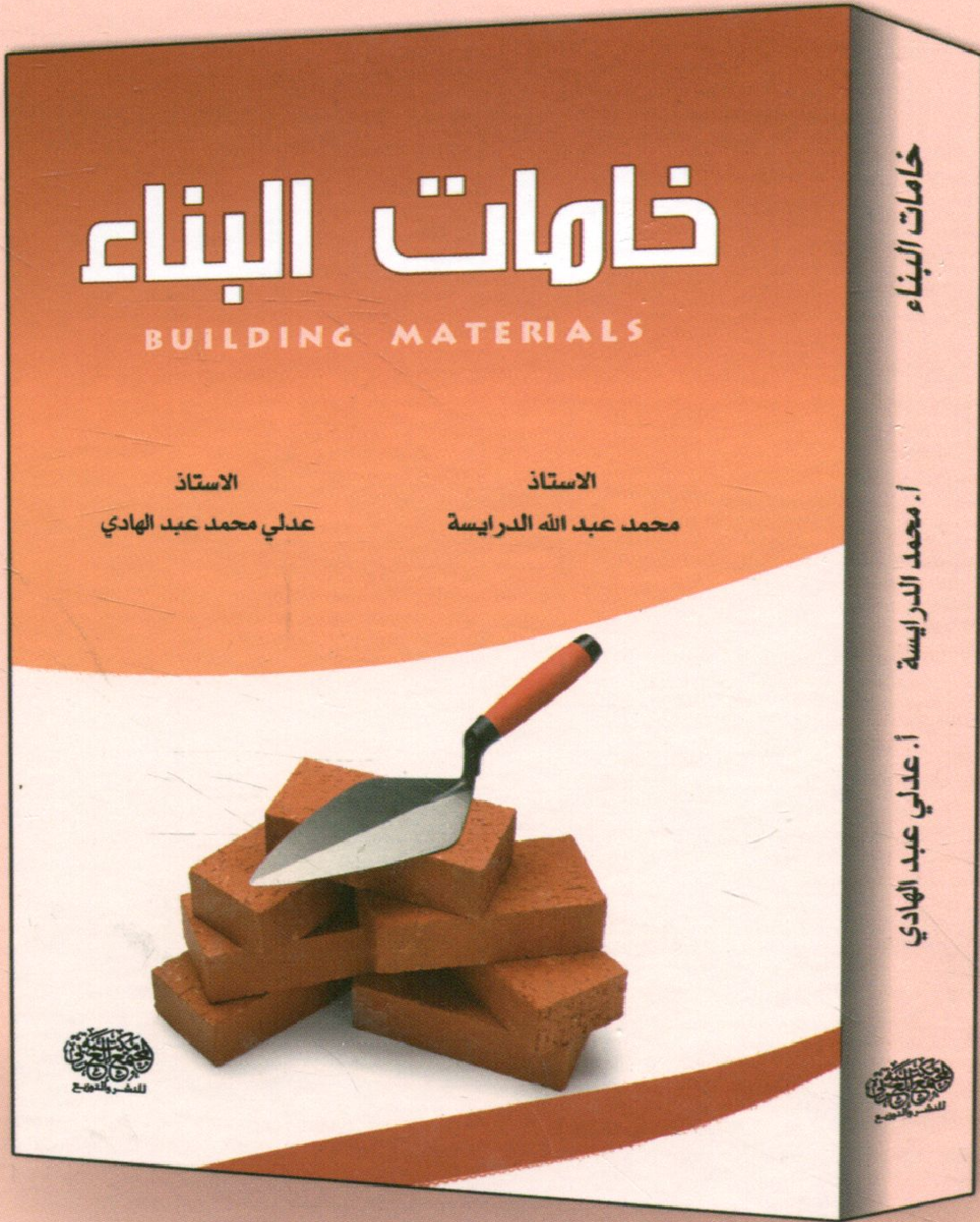
1. بيوتات الكيمياء.
2. كنانة أون لاين.
3. ملتقى العرافة.
4. ملتقى التدريب العربي.

المصادر الأجنبية:

1. Andersson, Maud (1988). "Toxicity and tolerance of aluminium in vascular plants". Water, Air, & Soil Pollution.
2. Merrill, P. W., Deutsch, A. J., & Keenan, P. C. (1962). "Absorption Spectra of M-Type Mira Variables". Astrophysical Journal.
3. Noel C. Stokes ؛The Glass and Glazing Handbook Standards Australia ؛SAA HB125–1998 3-
4. Brugmann, Birte .Glass Beads from Anglo-Saxon Graves: A Study on the 4- Provenance and Chronology of Glass Beads from Anglo-Saxon Graves, Based on Visual Examination .Oxbow Books, 2004
5. Gowlett, J.A.J. (1997) .(High 5- Definition Archaeology: Threads Through the PastRoutledge



خامات البناء







مكتبة المجتمع العربي

مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع

الأردن-عمان -وسط البلد- ش. السلط - مجمع الفحيص التجاري- تلفاكس: 2739 463 6 962+

خلوي:5651920 79 962+ ص.ب 8244 الرمز البريدي 11121 جبل الحسين الشرقي

الأردن - عمان - الجامعة الأردنية - ش. الملكة رانيا العبدالله - مقابل كلية الزراعة - مجمع زهدي حصوة التجاري

www.muj-arabi-pub.com

E-mail:Moj_ pub@hotmail.com